

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З КУРСУ

**«ПРАВИЛА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКОГО  
ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»**

(для студентів усіх форм навчання і слухачів другої вищої освіти  
за напрямом 6.050702 (0922) «Електромеханіка»)

**ХАРКІВ  
ХНАМГ  
2010**

Методичні вказівки до практичних робіт з курсу «Правила експлуатації електричного транспорту» (для студентів усіх форм навчання і слухачів другої вищої освіти за напрямом 6.050702 (0922) «Електромеханіка») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. Х. Далека, Л. О. Ісаєв, Н. В. Гарбуз, В. М. Шавкун – Х.: ХНАМГ, 2010. – 54 с.

Укладачі: В. Х. Далека,  
Л. О. Ісаєв,  
Н. В. Гарбуз,  
В. М. Шавкун

Рецензент: доц., к.т.н. М. А. Голтв'янський

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту,  
протокол № 9 від 13.03.2009 р.

## ЗМІСТ

Передмова.....	4
1. Методи контролю гальмівних систем трамвайних вагонів та тролейбусів.....	5
1.1. Метод контролю за показником гальмівного шляху.....	6
1.2. Метод контролю за показником сповільнення або часу гальмування.....	9
1.3. Метод контролю за показником питомої гальмівної сили.....	11
1.4. Метод контролю за показником гальмівного моменту.....	13
2. Система технічного обслуговування та ремонту контактної мережі трамвайних та тролейбусних ліній.....	14
2.1. Періодичність проведення технічного обслуговування та ремонтів.....	15
2.1.1. Технічне обслуговування.....	15
2.1.2. Капітальний ремонт.....	15
2.2. Метод визначення коефіцієнта інтенсивності експлуатування.....	15
2.3. Приклад розрахунку періодичності технічного обслуговування контактної мережі тролейбуса та її спецчастин .....	18
3. Методика розрахунку критерію небезпечності ділянки з ухилами.....	20
4. Показники якості послуг міського електричного транспорту.....	22
5. Методика розрахунку галузевих норм питомих витрат електроенергії на власні потреби підприємств МЕТ.....	26
5.1. Методика розрахунку норм питомих витрат електроенергії для тролейбусного і трамвайного ремонтно - експлуатаційного депо.....	27
5.2. Методика розрахунку норм питомих витрат електроенергії на власні потреби колійного господарства за рік.....	31
5.2.1. Індивідуальні норми витрат електроенергії на обігрів однієї стрілки.....	31
5.2.2. Індивідуальні норми питомих витрат електроенергії на автоматичний перевід стрілок.....	31
5.3. Методика розрахунку норм питомих витрат електроенергії на власні потреби енергогосподарства.....	33
5.4. Методика розрахунку загальних норм питомих витрат електроенергії на власні потреби підприємства міського електричного транспорту.....	34
6. Методика встановлення норм витрат електроенергії трамвайними вагонами та тролейбусами.....	35
6.1. Планування витрат електроенергії.....	35
6.2. Оцінка витрат електроенергії.....	37
6.3. Розподіл електроенергії між трамваєм та тролейбусом.....	38
7. Визначення питомих витрат електроенергії трамвайними вагонами.....	47
7.1. Умови проведення випробувань з визначення витрат електроенергії.....	47
7.2. Порядок проведення випробувань.....	49
7.2.1. Випробування для визначення витрат енергії вагоном під час розгону.....	49
7.2.2. Випробування для визначення рекуперованої енергії під час електричного гальмування трамвайного вагона.....	49
7.2.3. Особливості випробувань при застосуванні лічильників електроенергії.....	49
7.3. Обробка результатів випробувань.....	50
7.4. Порівняння трамвайних вагонів за показниками ефективності використання електроенергії і питомих витрат.....	51
Список використаних джерел.....	54

## **ПЕРЕДМОВА**

Мета дисципліни „Правила експлуатації міського електричного транспорту” - сформувати у студентів систему знань, умінь і навичок з освоєння методів контролю ефективності роботи рухомого складу та його систем, розрахунку норм ресурсоемності та якості пасажирських перевезень, порядку експлуатації електричного транспорту у особливих умовах.

Практичні роботи розширюють і поглиблюють теоретичні знання, дозволяють набути досвіду самостійного опрацювання законодавчого та нормативного забезпечення експлуатації міського електричного транспорту.

Ці методичні вказівки розроблені відповідно до програми дисципліни „Правила експлуатації міського електричного транспорту” з урахуванням досвіду проведення практичних робіт на кафедрі електричного транспорту ХНАМГ.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 7.092202, 8.092202 – «Електричний транспорт» при виконанні практичних робіт з дисципліни „Правила експлуатації міського електричного транспорту”.

# 1. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ТРАМВАЙНИХ ВАГОНІВ ТА ТРОЛЕЙБУСІВ

Методи контролю гальмівних систем трамвайних вагонів та тролейбусів регламентується чинними нормативними документами:

1. ДСТУ 3649-97 Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану і методи контролю.
2. ГОСТ 8802 -78 Вагоны трамвайные пассажирские. Технические условия (Вагони трамвайні пасажирські. Технічні умови).
3. ГСТУ 204.04.05.002-2004 Системи гальмівні трамвайних вагонів та тролейбусів. Експлуатаційні вимоги до ефективності гальмування та методи контролю.
4. Настанова водіям трамвая з перевірки гальм та діям в екстремальних ситуаціях.
5. Настанова водіям тролейбуса з перевірки гальм та діям в екстремальних ситуаціях.
6. Правила експлуатації трамвая і тролейбуса.
7. ДСТУ 3333-96 Стенди роликові для перевірки гальмівних систем дорожніх транспортних засобів в умовах експлуатації. Загальні технічні вимоги

Контроль ефективності гальмування транспортного засобу треба здійснювати після виконання ремонтів і технічних оглядів крім щоденного технічного огляду.

Контроль працездатності гальмівних систем (ГС) повинен виконуватися в депо під час приймання транспортного засобу водієм, а в разі необхідності - при виїзді з депо і проходженні на лінію нульовим рейсом, до посадки пасажирів, на спеціально призначених для цієї мети ділянках.

Контроль ефективності гальмування транспортного засобу повинен здійснюватися натурними або стендовими випробуваннями.

Значення показників ефективності гальмування транспортного засобу повинні відповідати чинним нормативним документам, а саме:

- ДСТУ 3649, для тролейбусів після капітального, середнього ремонтів та технічних обслуговувань № 1 та № 2;
- ГОСТ 8802 , для трамвайних вагонів після капітального ремонту;
- ГСТУ 204.04.05.002-2004, для трамвайних вагонів після середнього ремонту та технічних обслуговувань № 1 та № 2.

Оцінка ефективності гальмування транспортного засобу під час виконання випробувань повинна здійснюватися шляхом визначення одного із параметрів, а саме: **гальмівного шляху, сповільнення, часу гальмування, питомої гальмівної сили.**

Контрольна ділянка для виконання натурних випробувань повинна бути прямою і відповідати вимогам:

- для тролейбуса дорога для випробувань повинна мати цементно- чи асфальтобетонне покриття. Поверхня дороги повинна бути сухою, чистою та рівною. Поздовжній і поперечний ухили — не більше ніж 1,5 %.

Ширина — не менше ніж 7,5 м. (згідно з ДСТУ 3649 (8.7.1.5.1));

- для трамвайних вагонів рейки трамвайної колії повинні бути сухими та чистими. Повздовжній ухил ділянки не повинен перевищувати 0,5%.

Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), що застосовуються під час контролю ГС, повинні мати такі граничні основні похибки під час вимірювань показників ефективності:

- гальмівних шлях  $\pm 5,0\%$ ;
- початкова швидкість гальмування  $\pm 1,5$  км/год;
- питома гальмівна сила  $\pm 3,0\%$ ;
- часові параметри  $\pm 0,01$ с;
- усталене сповільнення  $\pm 4,0\%$ .
- гальмівний момент  $\pm 5\%$

Метод контролю ГС вибирає підприємство міського електротранспорту залежно від місцевих умов та наявних засобів контролю. Використовуються наступні методи контролю ГС:

1. Метод контролю за показником гальмівного шляху
2. Метод контролю за показником сповільнення або часу гальмування
3. Метод контролю за показником питомої гальмівної сили
4. Метод контролю за показником гальмівного моменту

### **1.1. Метод контролю за показником гальмівного шляху**

За показником гальмівного шляху можуть контролюватися робочі гальмівні системи (РГС), стоянкові гальмівні системи (СГС), допоміжні гальмівні системи (ДГС) тролейбуса й службове, екстрене, і аварійне гальмування трамвайного вагона.

За наявності бортових засобів вимірювальної техніки (БЗВТ) визначення ефективності гальмування транспортного засобу за показником гальмівного шляху може проводитися на ділянці шляху або колії, яка відповідає переліченим вище вимогам до контрольної ділянки для натурних випробувань.

БЗВТ повинен визначати гальмівний шлях від початку приведення в дію органу керування ГС водієм або видом гальмування до повної зупинки транспортного засобу.

При перевірці ДГС БЗВТ визначення гальмівного шляху повинно закінчуватися при досягненні тролейбусом швидкості 10-15 км/год.

БЗВТ повинен мати орган керування, за допомогою якого задається ГС або вид гальмування, контроль яких буде виконуватися.

БЗВТ повинен автоматично розраховувати нормативне значення гальмівного шляху залежно від виду гальмівної системи або виду гальмування.

Нормативне значення гальмівного шляху (S) повинно автоматично розраховуватися за формулою

$$S = V_0 \left( \alpha + \frac{V_0}{26J} \right), \quad (1.1)$$

де  $V_0$ - швидкість початку гальмування, км/год;

$\alpha$  - час спрацювання ГС або гальмівного механізму (таблиця 1.1), с;

$J$  - сповільнення транспортного засобу (таблиця 1.1),  $\text{м/с}^2$ .

Таблиця 1.1. – Значення коефіцієнтів.

Назва ГС тролейбуса, гальмівного механізму або виду гальмування трамвайного вагона, що перевіряється	Для тролейбуса		Для трамвайного вагона	
	$\alpha$ , с	$J$ , $\text{м/с}^2$	$\alpha$ , с	$J$ , $\text{м/с}^2$
РГС тролейбуса	0,15	5,0	-	-
СГС тролейбуса	0,4	2,3	-	-
ДГС тролейбуса	0,4	0,8		
Службове гальмування трамвайного вагона	-	-	0,4	1,5
Екстрене гальмування трамвайного вагона	-	-	0,4	1,3
Аварійне гальмування трамвайного вагона	-		0,2	2,3

**Примітка.** Незалежно від застосованого методу визначення ефективності гальмування тролейбус під час гальмування не повинен виходити за межі коридору шириною 3,5 м.

За результатами виміру БЗВТ повинен сповіщати про:

- швидкість початку гальмування;
- швидкість закінчення гальмування;
- фактичне значення гальмівного шляху;
- нормативне значення гальмівного шляху.

ГС вважаються такими, що задовольняють вимоги ефективності гальмування транспортного засобу, якщо виконується одна з умов:

- фактичне значення гальмівного шляху транспортного засобу не перевищує нормативне, яке автоматично розраховується БЗВТ,
- передня габаритна точка транспортного засобу, що випробується на контрольній ділянці, після його зупинки знаходиться до відмітки, яка розташована на відстані, що відповідає швидкості початку гальмування.

**Задача 1.1.** Яке значення нормативного гальмівного шляху буде показувати бортовий засіб вимірювальної техніки тролейбуса для стоянкової гальмівної системи при швидкості початку гальмування  $V_0=12$  км/год?

У разі відсутності БЗВТ визначення ефективності гальмування транспортного засобу повинно проводитися на контрольній ділянці, яка розмічена відповідно до рисунка 1.1.

Кінець гальмівного шляху  $S_L$ , м, який відповідає значенню швидкості початку гальмування визначають за формулою

$$S_L = V_0 \left( 6 + \frac{V_0}{26J} \right) + \frac{V_0 \cdot T_z}{3,6}, \quad (1.2)$$

де  $T_z$ - втрата часу водієм з початком гальмування при проїзді контрольної відмітки початку гальмування, с (рекомендовано прийняти 1с);

$J$  - нормативне значення сповільнення для транспортного засобу для заданого виду гальмування або ГС,  $\text{м/с}^2$  (табл. 1.1);

$\alpha$  - час спрацювання ГС або гальмівного механізму (табл. 1.1).

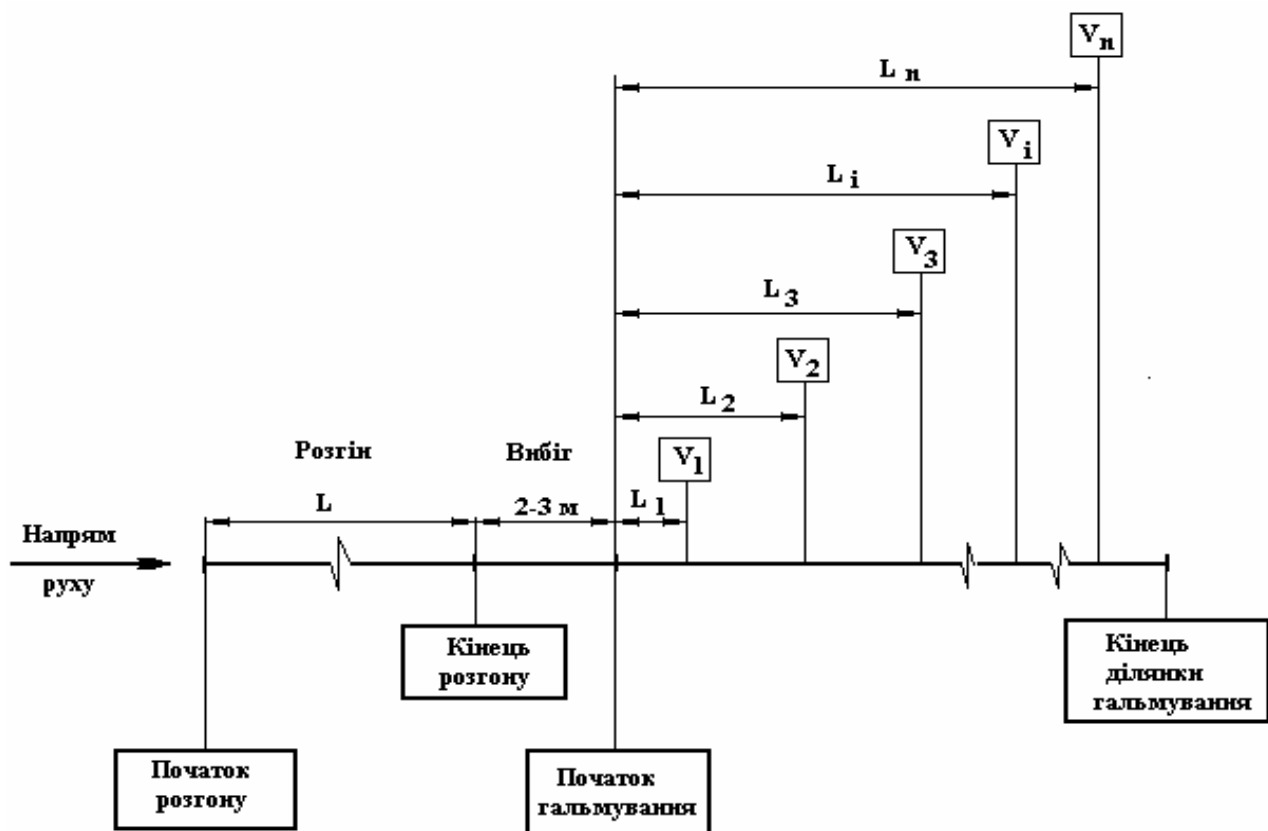


Рис. 1.1 – Розмітка контрольної ділянки гальмування

$V_1$ - $V_i$  – контрольні позначки кінця ділянки гальмування у км/год, що відповідають значенню швидкості початку гальмування.  $L$  - довжина ділянки розгону, м,  $L_i$  - довжина ділянок гальмування для швидкостей початку гальмування  $V_i$ , м.

Визначення гальмівного шляху слід виконувати при досягненні транспортним засобом швидкості початку гальмування в межах від  $V_{min}$  до  $V_{max}$  та гальмування до повної зупинки транспортного засобу. Значення  $V_{min}$  та  $V_{max}$  наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Швидкість початку гальмування, км/год.

Назва ГС тролейбуса або виду гальмування трамвайного вагона	Для тролейбуса		Для трамвайного вагона	
	$V_{min}$	$V_{max}$	$V_{min}$	$V_{max}$
РГС тролейбуса	20	40	-	-
СГС тролейбуса	10	15	-	-
ДГС тролейбуса	20	25	-	-
Службове гальмування трамвайного вагона			20	40
Екстрене гальмування трамвайного вагона			20	40
Аварійне гальмування трамвайного вагона			20	40

**Примітка.** Для забезпечення зупинки тролейбуса під час контролю ефективності ДГС дозволено в кінці гальмування використовувати РГС.

**Задача 1.2** Розрахувати гальмівний шлях для робочої гальмівної системи



тролейбуса, якщо швидкість початку гальмування  $V_0=30$  км/год.

**Задача 1.3** Розрахувати гальмівний шлях для режиму екстреного гальмування трамваю, якщо швидкість початку гальмування  $V_0=40$  км/год.

Для транспортного засобу, в якого відсутній спідометр, орієнтовна швидкість початку гальмування може визначатися за довжиною ділянки розгону, орієнтовні значення якої наведені в табл. 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 – Орієнтовна довжина ділянки розгону для тролейбусів

Максимальна швидкість початку гальмування, км/год	Довжина ділянки розгону, м		
	двохосні тролейбуси	трьохосні тролейбуси з одним тяговим двигуном	трьохосні тролейбуси з двома тяговими двигунами
15	5	5	5
20	9	9	8
25	15	15	13
30	27	25	22
35	46	40	36
40	73	61	57

Таблиця 1.4 – Орієнтовна довжина ділянки розгону для трамвайних вагонів

Швидкість початку гальмування, км/год	15	20	25	30	35	40
Довжина ділянки розгону, м	7	12	20	33	52	78

**Задача 1.4** Розрахувати гальмівний шлях для режиму службового гальмування трамваю, в якого відсутній спідометр, якщо довжина ділянки розгону  $S_p=20$  м.

Розгін транспортного засобу виконують з максимальною уставкою пускового струму. Уточнене значення швидкості початку гальмування в кінці ділянки розгону й довжина ділянки розгону визначає підприємство або науково – дослідна організація за методикою, викладеною нижче.

## 1.2. Метод контролю за показником сповільнення або часу гальмування

Визначення ефективності гальмування транспортного засобу за показником сповільнення або часу гальмування може проводитися на будь-якій ділянці шляху або колії, що відповідають вимогам ГСТУ 204.04.05.002-2004 (6.1.4) тільки за умови наявності БЗВТ.

За показником сповільнення або часу гальмування може контролюватися РГС, СГС, ДГС тролейбуса й службове, екстрене, аварійне гальмування трамвайного вагона.

Швидкість початку гальмування повинна бути в межах від  $V_{min}$  до  $V_{max}$ . Значення  $V_{min}$  та  $V_{max}$  наведені в табл. 1.2.

Для транспортного засобу, в якого відсутній спідометр, орієнтовна швидкість початку гальмування може визначатися за довжиною ділянки

розгону, приблизні значення якої наведені в табл. 1.3 та 1.4. Розгін транспортного засобу виконується з максимальною уставкою пускового струму. Уточнене значення швидкості початку гальмування в кінці ділянки розгону визначає підприємство або науково – дослідна організація за методикою, викладеною вище.

Розрахунок нормативних значень часу гальмування та сповільнення виконується відповідно до наступних вимог.

*Бортовий засіб вимірювальної техніки, що вмонтовується в пульт керування*

БЗВТ повинен визначати час гальмування транспортного засобу від початку приведення в дію органу керування ГС до її повної зупинки. Критерієм повної зупинки транспортного засобу повинно бути повернення органу керування ГС у початкове положення, яке виконується водієм після зупинки транспортного засобу.

Одночасно з початком відліку часу при приведенні в дію органу керування, повинна визначатися швидкість початку гальмування та відповідне їй нормативне значення часу гальмування. Швидкість початку гальмування повинна визначатися за сигналом датчика спідометра.

Нормативне значення часу гальмування  $T_g$ , с повинно автоматично розраховуватися за формулою

$$T_g = 0,55 + \frac{V_0}{3,6J} + T_z, \quad (1.7)$$

де  $V_0$ - швидкість початку гальмування, км/год;

$J$  - нормативне значення сповільнення для транспортного засобу, що знаходиться в експлуатації, для заданого виду гальмування або ГС,  $\text{м/с}^2$  (табл. 1.1);

$T_z$  - час повернення органу керування в початкове положення, с (приймається - 0,5 с).

Після закінчення гальмування БЗВТ повинен відображати нормативне та фактичне значення часу гальмування.

**Задача 1.5** Розрахувати нормативне значення часу гальмування для допоміжної гальмівної системи тролейбуса, якщо швидкість початку гальмування  $V_0=23$  км/год.

*Бортовий засіб вимірювальної техніки, що встановлюється на час виконання контролю*

БЗВТ повинен отримувати живлення від бортової мережі транспортного засобу або від незалежного джерела.

БЗВТ повинен визначати час гальмування транспортного засобу від початку сповільнення до його зникнення або зміни знаку.

БЗВТ повинен автоматично розраховувати швидкість початку гальмування (без підключення до спідометра) за даними реєстрації прискорення та часу його дії, для чого його конструкція повинна мати можливість встановлювати пристрій за напрямком руху в горизонтальному

положенні.

Швидкість початку гальмування  $V_0$ , м/с розраховують за формулою

$$V_0 = \int_0^{t_n} a dt = \Delta \sum_{i=1}^{i=n} a_i \quad (1.8)$$

де  $dt$  – крок інтегрування за часом розгону, с.

$n$  - кількість точок реєстрації за час дії прискорення;

$a, a_i$  - прискорення транспортного засобу, м/с<sup>2</sup>;

$\Delta$  - крок дискретизації за час реєстрації прискорення, с;

Час розгону тролейбуса визначається від початку появи прискорення до зміни його знаку.

БЗВТ повинен автоматично розраховувати за значенням швидкості початку гальмування нормативне значення часу гальмування за (1.7).

**Задача 1.6** Розрахувати нормативне значення часу гальмування для стоянкової гальмівної системи тролейбуса за наступними показаннями БЗВТ: кількість точок реєстрації за час дії прискорення дорівнює 5; крок дискретизації за час реєстрації прискорення складає 2 с; прискорення транспортного засобу у точках реєстрації: 0,5; 0,9; 1,3; 1,7; 2,1 м/с<sup>2</sup>.

### 1.3. Метод контролю за показником питомої гальмівної сили

Визначення ефективності гальмування транспортного засобу за показником питомої гальмівної сили може проводитися тільки за умови наявності гальмівного стенда. Стационарні ЗВТ для контролю ГС повинні відповідати вимогам ДСТУ 3333 для тролейбусів і чинним нормативним документам - для трамвайних вагонів.

#### *Умови проведення стендових випробувань*

Тролейбус повинен випробовуватися у стані повної маси. Допускається проводити випробування тролейбуса у спорядженому стані. У цьому випадку повинні бути розраховані максимальні гальмівні сили коліс (для визначення загальної питомої гальмівної сили) та тривалість спрацьовування гальмівної системи на стенді за формулами (1.11 – 1.12).

Під час визначення тривалості спрацьовування гальмівної системи на стенді тривалість приведення в дію органу керування РГС не повинна перевищувати 0,2 с.

Зусилля на органі керування РГС не повинне перевищувати 686 Н.

Випробування повинні проводитися для тролейбуса з «холодними» гальмівними механізмами.

Шини тролейбуса повинні бути чистими та сухими, без сторонніх предметів у протекторі. Тиск повітря в них повинен відповідати вимогам інструкції з експлуатації.

Загальна питома гальмівна сила і тривалість спрацьовування гальмівної системи на стенді повинні визначатися як середнє арифметичне значення за результатами трьох випробувань, округлене до десятих часток. Якщо різниця

між будь-яким із цих значень та середнім більше ніж 5 %, випробування необхідно повторити.

За показником питомої гальмівної сили можуть контролюватися РГС, СГС тролейбуса.

Критеріями ефективності гальмування РГС є значення загальної питомої гальмівної сили і тривалості спрацьовування гальмівної системи на стенді. Загальна питома гальмівна сила ( $\gamma_\tau$ ) обчислюється за формулою (1.9) і повинна бути не менше 0,51. Тривалість спрацьовування гальмівної системи на стенді повинна бути не більше 0,8 с. При цьому максимальне значення коефіцієнта нерівномірності гальмівних сил коліс будь-якої осі ( $K_H$ ), визначене за формулою (1.10), не повинне перевершувати 20% у діапазоні гальмівних сил від 30 % до 100 % максимального значення.

Критерієм ефективності гальмування СГС є значення загальної питомої гальмівної сили (1.9). Значення загальної питомої гальмівної сили має бути не менше 0,16.

$$\gamma_\tau = \frac{\sum_{i=1}^n P_{T \max i}}{M_a \times g}, \quad (1.9)$$

де:  $\sum_{i=1}^n P_{T \max i}$  — сума максимальних гальмівних сил усіх коліс тролейбуса, Н;

$M_a$  — маса тролейбуса, кг

$g$  — прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$n$  — кількість коліс ДТЗ.

$$K_H = \frac{|P_{TL} - P_{TP}|}{P_{TTP \max}} \times 100\% \quad (1.10)$$

де  $P_{TL}$ ,  $P_{TP}$  - гальмівні сили, відповідно, лівого та правого коліс однієї осі, Н;

$P_{TTP \max}$  — значення гальмівної сили, найбільше з  $P_{TL}$  чи  $P_{TP}$ , Н.

**Примітка.** Не допускається використовувати значення гальмівних сил, одержаних, коли колеса тролейбуса заблоковані.

Для тролейбусів випуску до 1988 року допускається відхилення від нормативів на 10 % (зменшення нормативу загальної питомої гальмівної сили і збільшення нормативу тривалості спрацьовування).

Максимальна гальмівна сила кожного колеса тролейбуса ( $P_{T \max}$ ) і тривалість спрацьовування гальмівної системи на стенді ( $\tau_{СП}$ ) обчислюють за такими формулами

$$P_{T \max} = P_{T1} + (P_{T2} - P_{T1}) \times \frac{P_3 - P_2}{P_2 - P_1}, \quad (1.11)$$

де  $P_{T1}$  — сила, що витрачається на прокручування незагальмованого колеса, Н;

$P_{T2}$  — максимальна гальмівна сила колеса, яка одержана під час випробувань

тролейбуса в спорядженому стані за умови відсутності блокування коліс, Н;

$p_1$  — тиск повітря, за досягнення якого на колесі троллейбуса виникає гальмівна сила, МПа;

$p_2$  — тиск повітря, що відповідає максимальній гальмівній силі колеса під час випробувань троллейбуса в спорядженому стані, МПа;

$p_3$  — тиск повітря у виконавчому органі пневмопривода у разі повного приведення у дію органу керування (і положення регулятора гальмівних сил, що відповідає троллейбусу повної маси), МПа (не більше значення нижньої границі регулювання тиску повітря у приводі РГС відповідно до інструкції з експлуатації).

Тривалість спрацювання гальмівної системи розраховується за формулою

$$\tau_{сп} = \tau_a + (\tau_{сп2} - \tau_a) \times \frac{P_{T_{max}} - P_{T1}}{P_{T2} - P_{T1}}, \quad (1.12)$$

де  $\tau_a$  — проміжок часу від початку гальмування троллейбуса до моменту виникнення сповільнення (гальмівної сили), с;

$\tau_{сп2}$  — тривалість спрацювання гальмівної системи на стенді під час випробувань троллейбуса в спорядженому стані, с.

**Примітка 1.** Допускається застосовувати більшу кількість точок для лінійної екстраполяції, інші, більш точні методи екстраполяції, а також перераховувати нормативи ефективності РГС для методу стендових випробувань троллейбуса у проміжному стані — від спорядженого до повної маси.

**Примітка 2.** У разі перевищення загальною питомою гальмівною силою значення, максимально можливого за умови зчеплення коліс (з опорною поверхнею більше ніж 1,0), чи невідповідності ефективності РГС нормативним значенням, необхідно повторити випробування для троллейбуса з повною масою.

**Задача 1.7** Розрахувати значення критеріїв ефективності робочої гальмівної системи спорядженого троллейбуса за наступних вихідних даних:  $P_{T1}=6$  кН,  $P_{T2}=16$  кН,  $p_1=0,25$  МПа,  $p_2=0,4$  МПа,  $p_3=0,5$  МПа,  $\tau_a=0,4$  с,  $\tau_{сп2}=0,8$  с. Нерівномірністю гальмівних сил коліс знехтувати.

#### 1.4. Метод контролю за показником гальмівного моменту

Визначення ефективності гальмування за показником гальмівного моменту застосовується тільки для трамвайних вагонів, у яких гальмівний механізм ГС розташований між тяговим двигуном та редуктором колісної пари.

Гальмівна система вважається такою, що задовольняє вимогам ефективності гальмування, якщо гальмівний момент не менше значення, розрахованого за формулою

$$M = \frac{0,01 \cdot g \cdot m_1 \cdot i \cdot r}{n \cdot i_p} \quad (1.13)$$

де  $g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$m_1$  - повна маса трамвайного вагона, кг;

- $i$  – припустиме значення ухилу для конкретного типу трамвайного вагона, яке регламентоване заводом - виробником, %;
- $r$  – радіус нового колеса, м;
- $n$  – кількість осей трамвайного вагона, які обладнані виконавчими механізмами гальмівної системи;
- $i_p$  - передаточне число редуктора.

**Задача 1.8** Розрахувати значення гальмівного моменту трамваю Т-3, якщо маса порожнього вагону  $m=16,3$  т; місткість при максимальному наповненні 149 чол.; значення ухилу  $i=0,5\%$ ; радіус нового колеса  $r=0,355$  м; передаточне число редуктора  $i_p=7,43$ .

## **2. СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ТРАМВАЙНИХ ТА ТРОЛЕЙБУСНИХ ЛІНІЙ**

Стандарт СОУ 60.2-33886519-0003:2006 „Контактна мережа трамвайних та тролейбусних ліній. Система технічного обслуговування та ремонту” установлює систему технічного обслуговування і ремонту контактної мережі трамвайних і тролейбусних ліній.

Положення цього стандарту застосовують для планування і організації робіт з проведення технічного обслуговування і ремонту контактної мережі трамвайних і тролейбусних ліній та їх спецчастин.

Система технічного обслуговування і ремонту (далі – система) встановлює види і періодичність технічного обслуговування та ремонтів контактної мережі трамвайних і тролейбусних ліній (далі – контактна мережа). Виконання вимог системи створює умови для планового ведення робіт підприємствами міського електротранспорту та їх спеціалізованими підрозділами, які здійснюють експлуатацію й ремонт контактної мережі, забезпечує необхідну експлуатаційну надійність енергозабезпечення перевезень трамвайними вагонами і тролейбусами та безпеку руху при оптимальних витратах коштів на утримання контактної мережі.

Система є єдиною для підприємств міського електротранспорту, які здійснюють перевезення трамвайними вагонами та тролейбусами (далі – підприємства). Система є всесезонною за винятком робіт, пов'язаних з підготовкою контактної мережі до осінньо-зимових та весняно-літніх умов експлуатації. Система встановлює такі види технічного обслуговування і ремонтів контактної мережі та її елементів:

- технічне обслуговування;
- капітальний ремонт;
- неплановий ремонт.

Підприємство щорічно розробляє програму та графіки проведення технічного обслуговування та ремонтів контактної мережі з урахуванням вимог цього стандарту, інтенсивності руху на маршрутах міського електротранспорту, фактичного технічного стану та особливостей конструкції спецчастин.

## 2.1. Періодичність проведення технічного обслуговування та ремонтів

### 2.1.1. Технічне обслуговування

Періодичність проведення технічного обслуговування контактної мережі встановлюють залежно від величини коефіцієнта інтенсивності експлуатації ( $K$ ) відповідно до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Періодичність проведення технічного обслуговування контактної мережі та спецчастин.

Значення коефіцієнта інтенсивності експлуатації	Періодичність технічного обслуговування
$K > 8$	1 місяць
$6 < K \leq 8$	2 місяці
$K < 6$	3 місяці
<b>Примітка.</b> Значення $K$ визначають за методикою, наведеною у п.2.2	

Періодичність вимірювань параметрів контактної мережі й усунення відхилень від нормативів [Правила експлуатації трамвая і тролейбуса. Затверджені наказом Держжитлокомунгоспу України від 10.12.96 № 103] складає 1 рік.

Сезонні роботи треба проводити двічі на рік. Терміни проведення сезонних робіт визначає керівник підприємств залежно від місцевих кліматичних умов.

Технічне обслуговування контактної мережі може бути призначене позачергово (непланово) у разі:

- пошкоджень внаслідок несприятливих погодних умов (буря, ураган, ожеледь, різка зміна температури тощо);
- проведення будівельних робіт поблизу контактної мережі;
- змін умов дорожнього руху;
- зміни місць розташування зупинкових пунктів.

Під час технічного обслуговування, за потреби, виконують вимірювальні роботи.

### 2.1.2. Капітальний ремонт

Періодичність проведення капітального ремонту контактної мережі складає 15 років. Залежно від місцевих умов, конструктивних особливостей контактної мережі та її спецчастин можуть бути допущені відхилення від установленної періодичності в межах 20 %.

## 2.2. Метод визначення коефіцієнта інтенсивності експлуатування

Коефіцієнт інтенсивності експлуатації  $K$ , розраховують за формулою

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (2.1)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що враховує частоту руху трамвайних вагонів або

тролейбусів;

$K_2$  - коефіцієнт, що враховує складність контактної мережі чи спецчастин;

$K_3$  - коефіцієнт, що враховує рельєф трамвайної чи тролейбусної лінії або місцезнаходження спецчастини;

$K_4$  - коефіцієнт, що враховує енергоємність рухомої одиниці;

$K_5$  - коефіцієнт, що враховує умови проїзду спецчастини та ділянки контактної мережі.

Значення  $K_1$  для контактної мережі трамвая і тролейбуса, крім спецчастин, приймають відповідно до табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Значення коефіцієнта  $K_1$

№	Частота руху рухомої одиниці, од./год	Значення $K_1$
1	Не більше 20	1,0
2	Більше 20, але не більше 30	1,3
3	Більше 30, але не більше 40	1,4
4	Більше 40, але не більше 60	1,5
5	Більше 60, але не більше 80	1,6
6	Більше 80, але не більше 100	1,7
7	Більше 100, але не більше 120	1,8
8	Більше 120, але не більше 140	1,9
9	Більше 140	2,0

Для спецчастин контактної мережі коефіцієнт  $K_1$  треба визначати за формулою

$$K_1 = K_c \times K_{bc}, \quad (2.2)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт, що враховує число рухомих одиниць, які проїжджають спецчастину в режимі «під струмом» (табл. 2.3);

$K_{bc}$  – коефіцієнт, що враховує число рухомих одиниць, які проїжджають спецчастину в режимі «без струму» (табл.2.3).

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнтів  $K_c$ ,  $K_{bc}$ .

№	Частота руху тролейбусів, од/год	Значення $K_{bc}$	Значення $K_c$
1	Не більше 30	1,0	2,0
2	Більше 30, але не більше 60	1,2	2,4
3	Більше 60, але не більше 90	1,4	2,8
4	Більше 90, але не більше 120	1,6	3,2
5	Більше 120, але не більше 150	1,8	3,6
6	Більше 150	2,0	4,0
<b>Примітка.</b> Для секційних ізоляторів $K_c=1$			

Частоту руху  $f$ , од./год, на окремій ділянці контактної мережі розраховують за формулою:

$$f = \frac{\sum_m \sum_n P_{mn}}{24}, \quad (2.3)$$

де  $m$  – кількість маршрутів на ділянці контактної мережі;

$n$  – кількість випусків на маршруті;

$P_{mn}$  – кількість рейсів по кожному випуску на маршрут на даній ділянці за добу.

Значення коефіцієнта  $K_2$  для контактної мережі треба вибирати



відповідно до табл. 2.4, а для спецчастин – відповідно до табл. 2.5.

Таблиця 2.4. – Значення коефіцієнта  $K_2$  для контактної мережі.

№	Характеристика ділянок контактної мережі	Значення $K_2$
1	Прямі ділянки	1,0
2	Криві ділянки, крім поворотних кілець	1,5
3	Поворотні кільця	2,0

Таблиця 2.5. – Значення коефіцієнта  $K_2$  для спецчастин.

№	Назва елементів спецчастини	Значення $K_2$
1	Автоматична повітряна стрілка	1,0
2	Повітряний перетинач для тролейбусів	0,9
3	Східна повітряна стрілка	0,6
4	Повітряний перетинач між тролейбусною та трамвайною лінією, секційний ізолятор	0,5

Значення  $K_3$  для контактної мережі та спецчастин треба приймати відповідно до табл. 2.6.

Таблиця 2.6. - Значення коефіцієнта  $K_3$ .

№	Значення ухилу на підйомі	Значення $K_3$
1	не більше 10‰	1,0
2	більше 10‰	2,0

Значення  $K_4$  для контактної мережі та спецчастин треба приймати відповідно до табл. 2.7.

Таблиця 2.7. - Значення коефіцієнта  $K_4$ .

№	Назва рухомої одиниці	Значення $K_4$
1	Тролейбус, трамвайний вагон з імпульсною системою керування	1,0
2	Тролейбус, трамвайний вагон з реостатно-контакторною системою керування	1,5
3	Поїзд з трамвайних вагонів або тролейбусів	2,0

Значення  $K_5$  для спецчастин треба приймати відповідно до табл. 2.8, а для контактної мережі  $K_5 = 1$ .

Таблиця 2.8. - Значення коефіцієнта  $K_5$ .

№ з/п	Умови проїзду спецчастини	Значення $K_5$
1	Спецчастина розташована в місці, де можливий проїзд з допустимою швидкістю та під віссю контактного проводу	1,0
2	Спецчастина розташована на перегоні, де можливе перевищення швидкості руху	1,5
3	Спецчастина розташована в місці, де можливі відхилення від контактної мережі, примусова зупинка, порушення режиму проїзду	2,0

Якщо на ділянці контактної мережі отримано декілька значень одного і того ж коефіцієнта, що входить до формули (2.1), то за остаточний результат треба приймати його середнє значення.

### 2.3. Приклад розрахунку періодичності технічного обслуговування контактної мережі тролейбуса та її спецчастин

Розрахунок періодичності технічного обслуговування контактної мережі та спецчастин виконано на прикладі схеми контактної мережі (рис. 2.1), де здійснюється рух декількох тролейбусних маршрутів.

Контактна мережа має такі характеристики:

Величина ухилу на ділянках М2 та М3 %.....	20
Загальна частота руху на ділянці М1, трол./год.....	25
Загальна частота руху на ділянці М2, трол./год.....	50
Частота тролейбусів з реостатно-контакторною системою керування на ділянці М1, трол./год .....	15

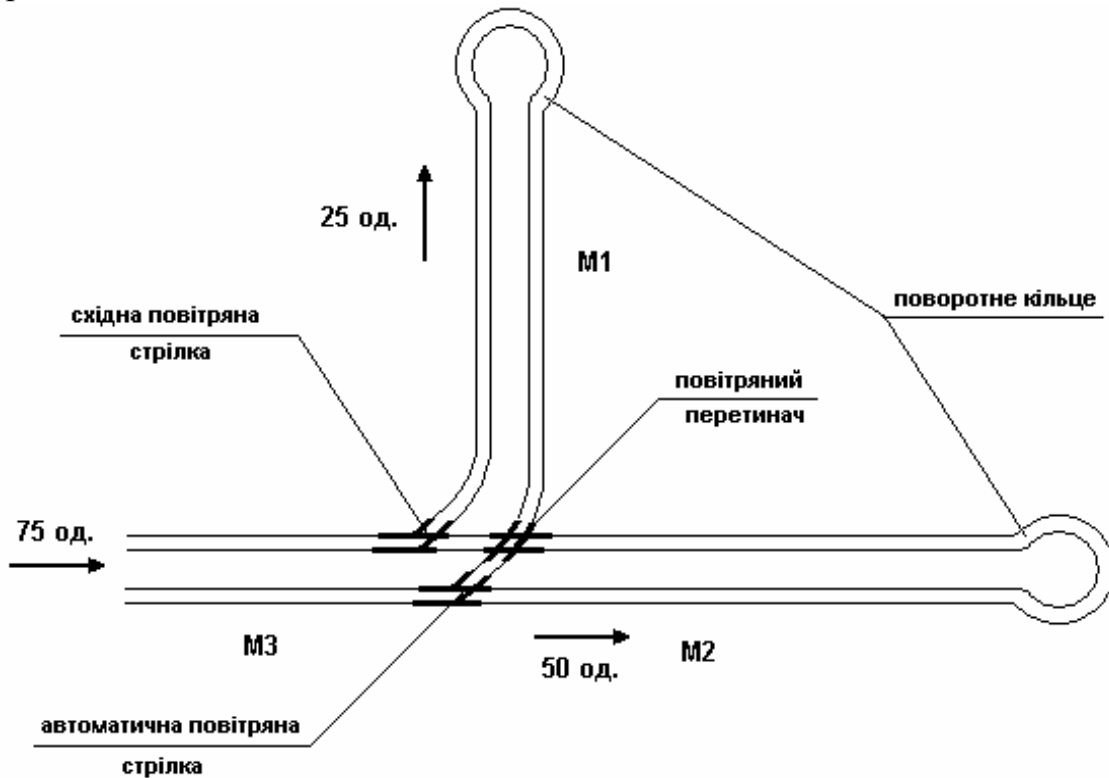


Рис. 2.1 – Умовна схема маршрутів тролейбуса

Відповідно до частоти руху тролейбусів отримуємо такі значення коефіцієнта  $K_1$  для контактної мережі:

- 1,3 для ділянки М1,
- 1,5 для ділянки М2,
- 1,6 для ділянки М3, де інтенсивність руху буде  $25+50 = 75$  трол./год.

Оскільки отримано три різні значення коефіцієнта  $K_1$ , то за остаточний результат приймаємо його середнє значення:

$$K_{1\text{сеп}} = \frac{1,3+1,5+1,6}{3} = 1,47$$

Відповідно до рис. 2.1 контактна мережа має три спецчастини: автоматичну повітряну стрілку, східну повітряну стрілку та повітряний перетинач.

Як правило, поворот «ліворуч» виконується «під струмом», тоді частота руху на спецчастинах буде відповідати значенням, наведеним в табл. 2.9.

Таблиця 2.9. – Значення інтенсивності руху тролейбуса.

Назва спецчастини	Інтенсивність руху «під струмом», трол./год	Інтенсивність руху «без струму», трол./год
Автоматична повітряна стрілка	25	50
Повітряний перетинач	25	50
Східна повітряна стрілка	25	50

Для спецчастин визначимо відповідно до табл. 2.3 значення складових формули 2.2 та коефіцієнт  $K_1$  і запишемо їх в табл. 2.10.

Таблиця 2.10. – Значення коефіцієнтів  $K_c$ ,  $K_{bc}$  та  $K_1$ .

Назва спецчастини	Кількість спецчастин, шт.	Значення коефіцієнта $K_c$ відповідно до таблиці 2.3	Значення коефіцієнта $K_{bc}$ відповідно до таблиці 2.3	Значення коефіцієнта $K_1$
Автоматична повітряна стрілка	1	2,0	1,2	2,4
Східна повітряна стрілка	1	2,0	1,2	2,4
Повітряний перетинач	1	2,0	1,2	2,4

За остаточний результат приймаємо середнє значення коефіцієнтів:

$$K_1 = \frac{2,4 + 2,4 + 2,4}{3} = 2,4.$$

Значення коефіцієнта  $K_2$ , що враховує складність контактної мережі, вибираємо з табл. 2.4 і відповідно до рис. 2.1 отримаємо декілька значень:

- 2,0 - для поворотних кілець маршрутів;
- 1,5 - для криволінійної ділянки;
- 1,0 - для прямих ділянок.

Середнє значення коефіцієнта  $K_2$  для контактної мережі буде дорівнювати:

$$K_2 = \frac{2,0 + 1,5 + 1,0}{3} = 1,5.$$

Умовна схема має декілька спецчастин, які відповідно до табл. 2.5 мають різні коефіцієнти  $K_2$ , а саме:

- 1,0 - автоматична повітряна стрілка (1 шт.);
- 0,9 - повітряний перетинач для тролейбуса (1 шт.);
- 0,6 - повітряна східна стрілка (1 шт.);

Тоді середнє значення  $K_2$  для спецчастин буде дорівнювати:

$$K_2 = \frac{1,0 + 0,9 + 0,6}{3} = 0,83.$$

Відповідно до рис. 2.1 контактна мережа розташована на ділянці, що має ухил 20‰. Тоді відповідно до табл. 2.6 для контактної мережі та спецчастин будемо мати такі значення коефіцієнта, що враховує рельєф:

$K_3 = 2,0$  - для контактної мережі;

$K_3 = 2,0$  - для спецчастин.

Відповідно до вихідних даних на ділянках М1 та М3 здійснюється рух тролейбусів з реостатно-контакторною системою керування, тоді значення  $K_4$  для контактної мережі та спецчастин дорівнюватиме:

1,0 - на ділянці М2;

1,5 - на ділянці М1;

$$\frac{1,5 + 1,0}{2} = 1,25 \text{ - на ділянці М3}$$

Середнє значення  $K_4$  буде дорівнювати:

$$K_4 = \frac{1,25 + 1,5 + 1,0}{3} = 1,25$$

Відповідно до табл. 2.8 приймаємо такі значення коефіцієнта  $K_5$ :

- 2,0 - для повітряного перетинача, автоматизованої та східної повітряних стрілок, тому що під час їх проїзду можливі відхилення від осі контактної мережі, примусова зупинка або порушення режиму проїзду;
- 1,0 - для контактної мережі.

Значення коефіцієнта інтенсивності експлуатування,  $K$ , визначаємо за формулою (2.1), а її складові та результати розрахунку запишемо в табл. 2.11.

Таблиця 2.11.– Результати розрахунку.

Коефіцієнти	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K$
Контактна мережа	1,47	1,5	2,0	1,25	1,0	5,51
Спеціальні частини	2,4	0,83	2,0	1,25	2,0	9,96

На підставі отриманого значення коефіцієнта інтенсивності експлуатування маємо такі періодичності виконання технічного обслуговування:

- один раз на 3 місяці - для контактної мережі ( $K < 6$ );
- щомісячно - для спецчастин контактної мережі ( $K > 8$ ).

**Задача 2.1.** Визначити періодичність технічного обслуговування контактної мережі за наступних вихідних даних: інтенсивність руху трамвайних вагонів з імпульсною системою керування на ділянці - 25 рухомих одиниць за годину; на ділянці є поворотне кільце; значення ухилу на підйомі 15‰.

### 3. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КРИТЕРІЮ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ДІЛЯНКИ З УХИЛАМИ

Критерій небезпечності ділянки з ухилами маршруту міського електричного транспорту розраховується відповідно до методики, поданої у чинному законодавчому акті „Положення про порядок експлуатації трамвая та тролейбуса на маршрутах з важкими умовами руху”.

Порядок розрахунку наступний.

1. На ескізі поздовжнього профілю ділянки з ухилами по даним проектної документації або топографічної зйомки позначаються довжини відрізків  $L_1, L_2, \dots, L_n$  з незмінними ухилами  $i_1, i_2, \dots, i_n$  (див. рис.).

2. Позначаються довжини  $l_1, l_2, \dots, l_m$  перехідних вертикальних кривих, що сполучають відрізки з незмінними ухилами (включаючи горизонтальні ділянки).

Довжини перехідних кривих підраховуються по значенням радіусів вертикальних кривих  $R_1, R_2, \dots, R_m$  та значенням ухилів на закінченнях і початках перехідних вертикальних кривих:

$$l_1 = R_1 \frac{|i_1 - i_0|}{1000} ; l_2 = R_2 \frac{|i_2 - i_1|}{1000} ; \dots ; l_m = R_m \frac{|i_n - i_m|}{1000} .$$

Значення довжин перехідних кривих і відрізків з постійними ухилами показано на прикладі.

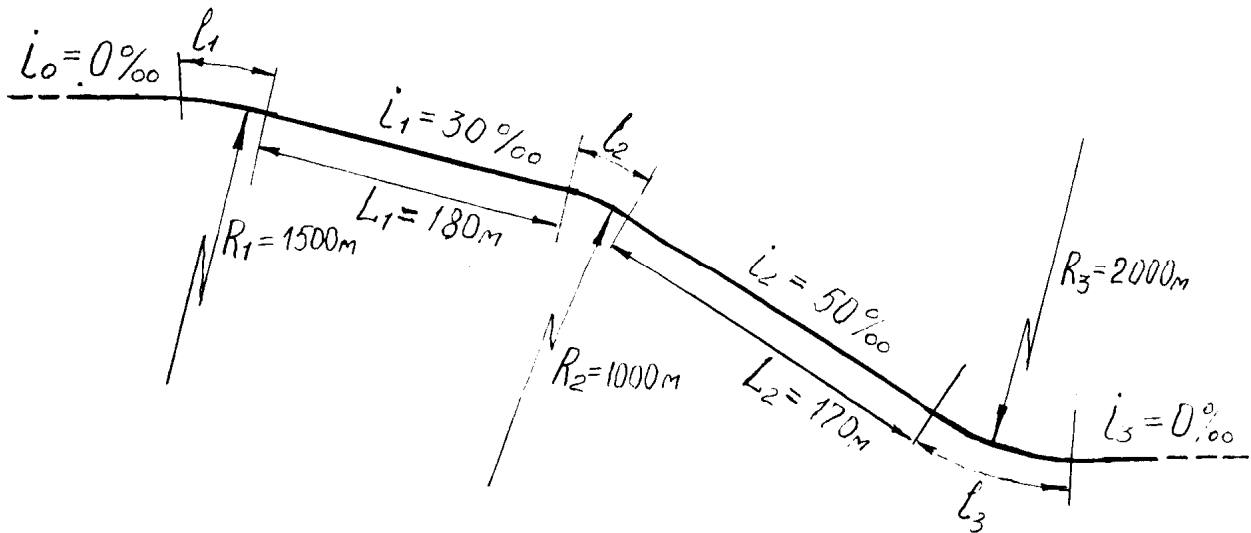


Рис. 3.1 – Ескіз поздовжнього профілю ділянки маршруту з ухилами

$$l_1 = 1500 \frac{|30 - 0|}{1000} = 45 \text{ м};$$

$$l_2 = 1000 \frac{|50 - 30|}{1000} = 20 \text{ м};$$

$$l_3 = 2000 \frac{|0 - 50|}{1000} = 100 \text{ м}.$$

3. Розраховуються довжини еквівалентних, приведених до постійних ухилів, відрізків:

$$L_{1e} = \frac{1}{2} l_1 + L_1 + \frac{1}{2} l_2 ; L_{2e} = \frac{1}{2} l_2 + L_2 + \frac{1}{2} l_3 ; \dots ; L_{ne} = \frac{1}{2} l_n + L_n + \frac{1}{2} l_m .$$

Для наведеного прикладу:

$$L_{1e} = \frac{1}{2} 45 + 180 + \frac{1}{2} 20 = 212,5 \text{ м}; L_{2e} = \frac{1}{2} 20 + 170 + \frac{1}{2} 100 = 230 \text{ м};$$

4. Еквівалентний ухил ділянки:

$$i_e = \frac{\sum_{k=1}^n L_{ke} i_k}{\sum_{k=1}^n L_{ke}} = \frac{212,5 \cdot 30 + 230 \cdot 50}{212,5 + 230} = 40,4 \text{‰}.$$

5. Підраховується критерій небезпечності ділянки з ухилами, як добуток еквівалентного ухилу на довжину. Для наведеного прикладу критерій дорівнює  $40,4 \cdot (212,5 + 230) = 17877$ .

У даному прикладі ділянка є безпечною, якщо умови в кінці ділянки відповідають вимогам п.1.1.4, 1.2.4, а якщо умови в кінці ділянки відповідають п.1.1.5 „Положення про порядок експлуатації трамвая та тролейбуса на маршрутах з важкими умовами руху”, то ділянка є небезпечною.

**Задача 3.1.** Чи можна віднести маршрут до небезпечних за наступними вихідними даними:

	Номер ділянки маршрута									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
величина ухилу, ‰	0	10	40	20	10	15	10	30	60	0
		під.	сп.	сп.	під.	сп.	під.	сп.	під.	
довжина, м		100	200	340	260	200	50	130	100	
Радіус кривої, м		1500	1700	1500	2000	2500	1000	1000	1400	1300

**Примітка:** під. – підйом, сп. – спуск.

#### 4. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПОСЛУГ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Стандарт СОУ 60.2-3363588-0002:2006 „Послуги міського електричного транспорту. Показники якості” установлює номенклатуру показників якості послуг, які надаються міським електричним транспортом, та основні положення по визначенню показників відповідно до цілей управління якістю пасажирських перевезень та вдосконалення транспортного обслуговування споживачів. Цей стандарт розроблений в розвиток ДСТУ 3279 і може використовуватись під час укладання договорів між замовниками та перевізниками щодо організації надання транспортних послуг. Вимоги цього стандарту є обов’язковими для підприємств, установ і організацій міського електричного транспорту України.

Надання транспортних послуг міським електричним транспортом повинно здійснюватися відповідно до вимог законодавства України про міський електричний транспорт і нормативних документів, що регламентують роботу міського електричного транспорту.

Номенклатура показників якості послуг міського електричного транспорту відповідно до ДСТУ 3279 включає обов’язкову, наведену в табл. 4.1, яка визначена нормативними документами, та рекомендовану, наведену в табл. 4.2, що доповнює вимоги нормативних документів.

Обов’язкові показники якості транспортних послуг повинні беззаперечно виконуватись перевізниками і вони не є предметом договору щодо надання

транспортних послуг.

Рекомендовані показники якості транспортних послуг прийняті з урахуванням вимог європейських стандартів щодо надійності і регулярності перевезень. Рекомендовані показники якості транспортних послуг, встановлені цим стандартом, можуть застосовуватись під час укладання договорів з організації надання транспортних послуг між замовником і перевізником.

Показники якості послуг міського електричного транспорту та вимоги до них наведені в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1. – Обов’язкові показники якості послуг.

№ з/п	Назва показника	Вимоги до показника
1	2	3
1	Технічний стан транспортних засобів	Відповідність транспортних засобів вимогам „Правил експлуатації трамвая та тролейбуса”
2	Технічний стан трамвайних колій	Відповідність технічного стану колій та колійних облаштувань вимогам „Правил експлуатації трамвая та тролейбуса”
3	Технічний стан контактної мережі	Відповідність технічного стану контактної мережі вимогам „Правил експлуатації трамвая та тролейбуса”
4	Безпечність перевезень	Забезпечення перевізником вимог „Правил експлуатації трамвая та тролейбуса”; „Правил дорожнього руху України”; „Положення про медичний огляд кандидатів у водії та водіїв транспортних засобів”; „Положення про організацію виробничих інструктажів та навчання водіїв трамвайних вагонів і тролейбусів”; ГКН 02.05.009-01 „Організація оперативного контролю за безпекою руху”; „Положення про порядок експлуатації трамвая та тролейбуса на маршрутах з важкими умовами руху”
5	Інформаційне забезпечення	Забезпечення перевізником вимог „Правил надання населенню послуг з перевезень міським електричним транспортом”; „Правил експлуатації трамвая та тролейбуса”; „Правил розміщення та обладнання зупинок міського електро- та автомобільного транспорту”; „Правил користування трамваем та тролейбусом у містах України”
6	Наявність розкладу руху на встановлених маршрутах (лініях)	Забезпечення перевізником вимог „Правил експлуатації трамвая та тролейбуса”
7	Доступний для усіх споживачів порядок справлення плати за проїзд	Забезпечення перевізником вимог „Правил користування трамваем та тролейбусом у містах України”

Таблиця 4.2. – Рекомендовані показники якості послуг.

№ з/п	Назва показника	Позначення	Одиниця виміру	Визначення показника
1	2	3	4	5
1	Швидкість сполучення на маршруті <sup>1)</sup>	V <sub>Е</sub>	км/год	Тролейбус - не менше 16 Трамвай - не менше 15 Швидкісний трамвай - не менше 25
2	Наповненість салону транспортного засобу <sup>2)</sup>	П	Число осіб на 1 м <sup>2</sup> площі підлоги, призначеної для пасажирів, що стоять	Не більше 4
3	Припустимий недовипуск	Н	кількість випадків	Показник Н встановлюється перевізником для кожного експлуатаційного підприємства.
4	Регулярність руху на маршруті	Р	відсоток	$P = 100 * Kpф / Kpз$ де Kpф – кількість фактично виконаних рейсів; Kpз – запланована кількість рейсів. Показник Р встановлюється для кожного маршруту.
5	Дотримання розкладу руху на маршруті	Д	відсоток	$D = 100 * Kp / Kpф$ де Kp – кількість рейсів, виконаних за розкладом. Показник Д встановлюється для кожного маршруту.
6	Припустиме відхилення від розкладу руху	ВХ	хвилина	Запізнення - не більше 2 Випередження (нагін) - не більше 1
7	Припустима кількість затримок руху з вини перевізника	ЗР	кількість випадків	Показник ЗР встановлюється замовником для кожного перевізника
7.1	Припустима кількість затримок руху з вини підприємства, що експлуатує транспортний засіб	ЗРп	відсоток	$ЗРп = 100 * Cп / ЗР$ де Cп - кількість затримок руху з вини підприємства, що експлуатує транспортний засіб; Показник ЗРп встановлюється перевізником для кожного експлуатаційного підприємства.
7.2	Припустима кількість затримок руху з вини підприємства (служби) енергопостачання	ЗРЕ	відсоток	$ЗРЕ = 100 * CЕ / ЗР$ де CЕ - кількість затримок руху з вини підприємства (служби) енергопостачання. Показник ЗРЕ встановлюється перевізником для підприємств (служб), енергопостачання.



№ з/п	Назва показника	Позначення	Одиниця виміру	Визначення показника
1	2	3	4	5
7.3	Припустима кількість затримок руху з вини підприємства (служби) колійного господарства	ЗР <sub>кг</sub>	відсоток	$ЗР_{кг} = 100 * С_{кг} / ЗР$ де С <sub>кг</sub> - кількість затримок руху з вини підприємства (служби) колійного господарства. Показник ЗР <sub>кг</sub> встановлюється перевізником для підприємства (служби) колійного господарства.
8	Припустима кількість вибуттів транспортних засобів з руху	В	відсоток	$В = 100 * Т / Н$ Де Т - кількість транспортних засобів, що вибули з руху, одиниць. Н – кількість транспортних засобів, випущених на лінію, одиниць. Показник В встановлюється перевізником для кожного експлуатаційного підприємства.
9	Припустима кількість тимчасових вибуттів транспортних засобів з руху	ТВ	відсоток	$ТВ = 100 * Т_t / Н$ де Т <sub>t</sub> - кількість транспортних засобів, що тимчасово вибули з руху, одиниць. Н – кількість транспортних засобів, випущених на лінію, одиниць. Показник ТВ встановлюється перевізником для кожного експлуатаційного підприємства.
<b>Примітки:</b> 1) - Кількісна характеристика показника наведена в ДБН-360 2) - Кількісна характеристика показника наведена в ДБН-360 та „Правила надання населенню послуг з перевезень міським електричним транспортом”				

Звітний період, за який визначають рекомендовані показники якості, встановлюється в договорі між замовником і перевізником. Конкретні значення цих показників якості, визначають з урахуванням:

- фінансових можливостей перевізника та замовника;
- виду транспортного засобу (трамвайний вагон або тролейбус);
- кількості транспортних засобів;
- технічних та експлуатаційних характеристик транспортних засобів;
- технічного стану системи енергопостачання, контактної мережі, колійного господарства;
- категорії перевезень (міські, приміські, міжміські);
- спроможності перевізника забезпечити необхідний обсяг пасажироперевезень протягом доби, в тому числі в години максимальних навантажень.
- кліматичних та інших місцевих умов та факторів.

Дотримання перевізником показників якості є обов'язковим.

**Задача 4.1.** Розрахувати рекомендовані показники послуг міського електротранспорту за місяць для одного трамвайного маршруту за наступних вихідних даних:  $K_{рф}=234$ ,  $K_{рз}=250$ ,  $K_{р}=200$ ,  $ЗР=30$ ,  $С_{п}=20$ ,  $С_{Е}=10$ ,  $С_{кг}=5$ ,  $T=20$  од.,  $H=90$  од.,  $T_t=42$  од. (розрахунки вести за п.п. 3-5, 7.1-7.3, 8, 9 табл. 4.2).

## **5. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ГАЛУЗЕВИХ НОРМ ПИТОМИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ВЛАСНІ ПОТРЕБИ ПІДПРИЄМСТВ МЕТ**

Норми питомих витрат розраховуються відповідно до ГКН 02.05.020–2004 „Питомі витрати електроенергії на власні потреби підприємств міського електротранспорту”.

Власні потреби підприємств (ВП) – витрати електроенергії для забезпечення нормальної виробничої діяльності підприємств міського електричного транспорту за виключенням витрат пасажирським рухомим складом.

Структурні підрозділи підприємств міського електротранспорту, витрати електроенергії на власні потреби яких визначаються:

- тролейбусні або трамвайні ремонтно-експлуатаційні депо;
- колійного господарства;
- енергогосподарства.

Коефіцієнт використання рухомого складу  $\alpha_B$  – частка від ділення середнього числа трамвайних вагонів або тролейбусів, які знаходяться в русі –  $N_p$ , на їх інвентарну кількість  $N_i$ .

Коефіцієнт використання обладнання за часом – кількість годин роботи обладнання за добу. Коефіцієнт використання обладнання за потужністю – відношення реальної потужності до номінальної.

Норми витрат електроенергії на власні потреби підприємств міського електротранспорту класифікують за такими ознаками:

- за ступенем агрегації – індивідуальні та групові;
- за складом витрат – технологічні та загальновиробничі;
- за терміном дії – річні.

Індивідуальна норма витрат електроенергії на власні потреби – норма витрат електроенергії на виробництво одиниці продукції, яка встановлюється за типами або окремими енергоспоживаючими агрегатами, пристроями, машинами, технологічними схемами відповідно до умов виробництва продукції.

Групова норма – норма витрат електроенергії видів енергії на виробництво запланованого обсягу одного найменування продукції згідно з встановленою номенклатурою, або послуг за рівнями планування (депо, енергогосподарство, колійне господарство).

Технологічна норма – норма витрат електроенергії, яка враховує витрати на основні та допоміжні технологічні процеси. При цьому витрати електроенергії на освітлення, опалення, транспорт і кондиціонування повітря не враховуються.

Загальновиробнича норма – норма витрат електроенергії, яка враховує витрати на основні та допоміжні технологічні процеси виробництва та допоміжні потреби виробництва (на опалення, вентиляцію, освітлення та ін.), а також технічно неминучі втрати енергії в перетворювачах, теплових та електричних внутрішніх мережах підприємств, віднесених на виробництво продукції.

Основними методами визначення норм питомих витрат електроенергії є:

- розрахунково-аналітичний метод;
- експериментальний (дослідний);
- розрахунково-статистичний;
- комбінований.

Розрахунково-аналітичний метод передбачає визначення норм питомих витрат електроенергії шляхом розрахунку їх за статтями витрат на основі побудови та аналізу енергетичних балансів окремих агрегатів, установок, систем та в цілому підприємств, а також запланованих заходів з економії електроенергії.

Розрахунково-статистичний метод полягає у визначенні питомих норм з урахуванням статистичних даних про фактичні витрати електроенергії, що впливають на їх величину, прогресивних показників ефективності використання електроенергії, досягнутих на аналогічних виробництвах, а також запланованих заходів з економії електроенергії.

Експериментальний (дослідний) метод полягає у визначенні окремих складових норм на підставі даних, одержаних за результатом випробувань технологічного та енергетичного обладнання (експериментальних вимірювань) з урахуванням запланованих заходів з економії електроенергії.

Випробування повинні бути повними, тобто одночасно охоплювати як основне обладнання, так і допоміжні механізми, режими роботи яких повинні відповідати оптимальним, а параметри підведеної енергії – нормативним даним. При цьому технологічний процес повинен проводитись згідно з відповідними технологічними інструкціями (регламентами) та режимними картами.

Комбінований метод поєднує в собі експериментальний (дослідний) та розрахунково-аналітичний методи визначення норм питомих витрат електроенергії.

Для розробки норм питомих витрат електроенергії на підприємствах міського електротранспорту можуть використовуватися розрахунково-аналітичний, комбінований (розрахунково-аналітичний та експериментальний) або розрахунково-статистичний.

Основним методом розробки норм питомих витрат є розрахунково-аналітичний.

### **5.1. Методика розрахунку норм питомих витрат електроенергії для тролейбусного і трамвайного ремонтно–експлуатаційного депо**

Норма питомих витрат електроенергії на власні потреби ремонтно-

експлуатаційного депо визначається за формулою

$$W_P = \frac{A_0}{N_P}, \quad (5.1)$$

де  $N_P$  – число трамвайних вагонів або тролейбусів, які знаходяться в русі.

$A_0$  – витрати електроенергії всіма споживачами ремонтно-експлуатаційного депо за рік, на загально виробничі потреби, кВт·год

$$A_0 = \sum_{j=1}^l A_j \cdot K_j + \sum_{a=1}^k A_a \cdot K_a + \sum_{m=1}^b A_m \cdot K_m + \sum_{c=1}^d A_c \cdot K_c + \Delta W_{mp} \quad (5.2)$$

де  $\sum_{j=1}^l A_j \cdot K_j$  – сумарне значення спожитої електроенергії на власні потреби усіма

споживачами влітку в робочі дні, кВт·год;

$l$  – кількість типів споживачів електроенергії влітку в робочі дні;

$K_j$  – кількість робочих діб за рік влітку, діб;

$A_j$  – кількість спожитої електроенергії за робочу добу влітку, кВт год/доб;

$\Delta W_{mp}$  – втрати електричної енергії в трансформаторах кВт·год за рік.

Значення споживаної електроенергії за робочу добу (літній тариф) визначається розрахунково-аналітичним методом по статтям витрат, передбачених технологічними процесами в депо при технічному обслуговуванні та ремонті рухомого складу в залежності від кліматичних умов місяців, що охоплюють літній період року:

$$A_j = N \cdot n \cdot K_{tl} \cdot K_{nl},$$

де  $N$  – встановлена потужність одиниці обладнання, кВт;

$n$  – кількість одиниць однотипного обладнання, що перебуває в роботі;

$K_{tl}^*$  – коефіцієнт використання обладнання за часом влітку в робочі дні, год/доб.;

$K_{nl}^{**}$  – коефіцієнт використання обладнання влітку за потужністю в робочі дні;

$\sum_{a=1}^k A_a \cdot K_a$  – сумарне значення споживаної електроенергії на власні потреби

взимку в робочі дні, кВт·год;

$k$  – кількість споживачів електроенергії взимку в робочі дні;

$K_a$  – кількість робочих діб за рік взимку;

$A_a$  – кількість спожитої електроенергії за добу взимку, кВт\*год/доб.;

$^*$ ,  $^{**}$  – коефіцієнти визначаються на кожному підприємстві експериментальним шляхом.

Значення спожитої електроенергії за добу взимку розраховують так:

$$A_a = N \cdot n \cdot K_{tz} \cdot K_{nz},$$

де  $K_{tz}$  – коефіцієнт використання обладнання за часом взимку в робочі дні, год/доб.;

$K_{nz}$  – коефіцієнт використання обладнання за потужністю взимку в робочі дні;

$\sum_{m=1}^b A_m \cdot K_m$  – сумарне значення спожитої електроенергії на власні потреби у

вихідні літні дні, кВт.год;

$b$  – кількість споживачів електроенергії влітку у вихідні дні;

$K_m$  – кількість вихідних літніх днів в році;

$A_m$  – кількість спожитої електроенергії за вихідну добу влітку, кВт\*год/доб.

Значення спожитої електроенергії за добу у вихідні дні влітку розраховується за рівнянням

$$A_m = N \cdot n \cdot K_{вл} \cdot K_{влл},$$

де  $K_{вл}$  – коефіцієнт використання обладнання за часом у вихідні дні влітку, год/доб;

$K_{влл}$  – коефіцієнт використання обладнання за потужністю у вихідні влітку;

$\sum_{c=1}^d A_c \cdot K_c$  – сумарне значення споживаної електроенергії на власні потреби у

вихідні зимові дні, кВт.год;

$d$  – кількість споживачів електроенергії взимку у вихідні дні.

$A_c$  – кількість споживаної електроенергії за вихідну добу взимку, кВт\*год / доб.;

$K_c$  – кількість вихідних зимових днів за рік.

Значення споживаної електроенергії за добу в вихідні дні взимку розраховують так:

$$A_c = N \cdot n \cdot K_{влз} \cdot K_{влзл},$$

де  $K_{влз}$  – коефіцієнт використання обладнання за часом у вихідні дні взимку, год/доб.

$K_{влзл}$  – коефіцієнт використання обладнання за потужністю у вихідні дні взимку.

Втрати електроенергії в трансформаторах визначаються за формулою

$$\Delta W_{тр} = \Delta P_{хх} \cdot T_0 + \Delta P_{кз} \cdot \left( \frac{S_3}{S_n} \right)^2 \cdot T_p, \quad (5.3)$$

де  $\Delta P_{хх}$  – втрати холостого ходу, кВт;

$T_0$  – кількість годин приєднання трансформатора до мережі живлення за рік;

$\Delta P_{кз}$  – втрати короткого замикання, кВт;

$S_3$  – середньорічне навантаження трансформаторів, кВа;

$S_n$  – номінальна потужність трансформаторів, кВа;

$T_p$  – термін роботи трансформатора під навантаженням, год.

Величини  $T_0$ ,  $T_p$  визначають на кожному підприємстві шляхом реєстрації відповідного часу.

Величина  $S_3$  визначається за формулою

$$S_3 = A / T_0,$$

де  $A$  визначається за показниками лічильника на вході трансформатора за час  $T_0$ .

**Приклад розрахунку норм питомих витрат електроенергії на основі статистичних даних для тролейбусного ремонтно-експлуатаційного депо з інвентарною кількістю тролейбусів  $N_i = 200$  одиниць**

Вихідні дані витраченої електроенергії на ВП за розрахунковий період надана в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. – Вихідні дані добової витраченої електроенергії на ВП тролейбусного депо.

Назва споживачів ВП тролейбусного депо на 200 одиниць рухомого складу	Кількість споживаної електроенергії за робочу добу, кВт.год.		Кількість споживаної електроенергії за вихідний день, кВт.год.	
	літо	зима	літо	зима
1.Котельня	51,0	507,0	51,0	507,0
2. Компресорна	70,0	70,0	-	-
3. Механічні станки	663,0	663,9	-	-
4. Ковально-пресове обладнання	101,6	101,6	-	-
5. Деревообробне обладнання	102,0	102,0	-	-
6. Канавні підйомники	61,6	61,6	13,2	19,8
7. Підйомні механізми	60,0	60,0	-	-
8. Зварювальне обладнання	375,0	375,0	-	-
9. Обладнання для мийки	235,0	152,0	110,0	55,0
10. Привод воріт	22,8	30,8	16,0	16,0
11. Зовнішнє освітлення	360,0	840,0	360,0	840,0
12. Внутрішнє освітлення	256,3	374,9	110,9	110,9
13.Зарядка АКБ	267,8	287,8	1120,0	120,0
14. Вентиляція примусова		818,0	-	144,0
15. Вентиляція витяжна	163,0	163,0	-	-
<b>Сумарна добова витрата</b>	<b>3200,0</b>	<b>4607,5</b>	<b>901,0</b>	<b>1933,0</b>

Коефіцієнт випуску  $\alpha = 0,75$

Кількість рухомого складу, що знаходиться в русі:

$$N_p = N_i \cdot \alpha = 200 \cdot 0,75 = 150 \text{ од.}$$

Нормативне значення питомої норми витрат електроенергії на ВП знаходимо за формулою (5.1):

$$W_{pd} = \frac{A_d}{N_p} = \frac{\sum_{j=1}^l A_j \cdot K_j + \sum_{a=1}^k A_a \cdot K_a + \sum_{m=1}^b A_m \cdot K_m + \sum_{c=1}^d A_c \cdot K_c}{N_p};$$

$$W_{pd} = \frac{3200 \cdot 128 + 4607,5 \cdot 128 + 901 \cdot 55 + 1933 \cdot 54}{150} = 8384,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

**Задача 5.1.** Розрахувати значення питомої норми витрат електроенергії на власні потреби трамвайного депо на 150 од. РС, якщо сумарні добові витрати за місяць складають: 2880,0 кВт.год. влітку в робочі дні, 3991,8 кВт.год. взимку в робочі дні, 700,0 кВт.год. влітку у вихідні і 1543,5 кВт.год. взимку у вихідні. Кількість робочих днів влітку і взимку – 128, вихідних – влітку 55, взимку 54.

Коефіцієнт випуску  $\alpha = 0,78$ .

## 5.2. Методика розрахунку норм питомих витрат електроенергії на власні потреби колійного господарства за рік

Норма питомих витрат електроенергії на власні потреби колійного господарства визначається за формулою

$$W_{pk} = \frac{A_k}{L_i}, \quad (5.4)$$

де  $A_k$  – витрати електроенергії всіма споживачами колійного господарства за рік, кВт.год;

$L_i$  – загальна довжина трамвайної колії в одноколійному розрахунку, км.

$$A_k = \sum_{j=1}^l A_j \cdot K_j + \sum_{a=1}^k A_a \cdot K_a + \sum_{m=1}^b A_m \cdot K_m + \sum_{c=1}^d A_c \cdot K_c + \Delta W_{mp} \quad (5.5)$$

Складові формули (5.5) подібні до складових формули (5.2).

Значні витрати електроенергії, що припадають на обігрів і перевід стрілок близько 25 %, тому доцільно розрахувати індивідуальні норми питомих витрат електроенергії на ці операції.

### 5.2.1. Індивідуальні норми витрат електроенергії на обігрів однієї стрілки

Індивідуальна норма витрат електроенергії на обігрів однієї одновістрякової стрілки:

$$A_{o1} = N_1 \cdot T \cdot K_2, \quad (5.6)$$

де  $A_{o1}$  – індивідуальна норма витрат електроенергії на обігрів однієї одновістрякової стрілки, кВт.год за рік;

$N_1$  – встановлена потужність обігрівача для одновістрякової стрілки, кВт;

$T$  – тривалість роботи обігрівача за добу, год/добу;

$K_2$  – кількість діб роботи обігрівачів за рік.

Індивідуальна норма витрат електроенергії на обігрів однієї двовістрякової стрілки:

$$A_{o2} = N_2 \cdot T \cdot K_2, \quad (5.7)$$

де  $A_{o2}$  – індивідуальна норма витрат електроенергії на обігрів однієї двовістрякової стрілки, кВт. год. за рік;

$N_2$  – встановлена потужність обігрівачів для двовістрякової стрілки, кВт.

### 5.2.2. Індивідуальні норми питомих витрат електроенергії на автоматичний перевід стрілок

$$A_n = 365 \frac{U_n \cdot I_n \cdot t_c}{3600} n_c, \quad (5.8)$$

де  $A_n$  – річні витрати електроенергії на автоматичний перевід стрілок, кВт.год;

$U_n$  – напруга живлення соленоїдного приводу, В;

$I_n$  – струм, який споживає соленоїдна котушка приводу, А

$t_c$  – час спрацювання соленоїдного приводу, с;  
 $n_c$  – середня кількість спрацювань за добу;  
 365 – кількість діб за рік.

### **Приклад розрахунку норм питомих витрат електроенергії на основі статистичних даних для колійного господарства міського електротранспорту**

Вихідні дані споживаної електроенергії на власні потреби колійного господарства надані в табл. 5.2

Таблиця 5.2 - Вихідні дані споживаної електроенергії на ВП за рік по основним споживачам колійного господарства із загальною довжиною колій  $L=270$  км.

№	Назва споживача ВП колійного господарства	Споживана електроенергія за рік в кВт·год.
1	Верстатне обладнання	214000
2	Освітлення (зовнішнє та внутрішнє)	100000
3	Опалення (котельня)	18000
4	Автоматичний перевід та обігрів стрілок	113000

Встановлена потужність обігрівача для одновістрякової стрілки 1 кВт; тривалість роботи обігрівача за добу 10 год/добу; кількість діб роботи обігрівачів за рік 121. Напруга живлення соленоїдного приводу 600 В; струм, який споживає соленоїдна котушка приводу, 10 А; час спрацювання соленоїдного приводу 1,5 с; середня кількість спрацювань за добу 96.

Нормативне значення питомої норми витрат електроенергії на ВП колійного господарства розраховують за формулою (5.4):

$$W_{pk} = \frac{21400 + 100000 + 18000 + 113000}{270} = 1648 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{км},$$

де  $A_K$  - сумарні витрати електроенергії на власні потреби (ВП) по всім споживачам колійного господарства, кВт·год за рік;

Індивідуальні норми витрат електроенергії на обігрів одновістрякової стрілки:

$$A_{O1} = N_1 \cdot T \cdot K_2 = 1 \cdot 10 \cdot 121 = 1210 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік}$$

Індивідуальна норма витрат електроенергії на обігрів двовістрякової стрілки:

$$A_{O2} = N_2 \cdot T \cdot K_2 = 2 \cdot 10 \cdot 121 = 2420 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік}$$

Нормативне значення витрат електроенергії на автоматичний перевід вістряків стрілок:

$$A_n = \frac{U_n \cdot I_n \cdot t_c}{3600} \cdot n_c \cdot 365 = \frac{600 \cdot 10 \cdot 1,5}{3600} \cdot 96 \cdot 365 = 87,6 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік}.$$



**Задача 5.2.** Розрахувати значення питомої норми витрат електроенергії на власні потреби колійного господарства, якщо кількість спожитої за рік складає 356780 кВт·год по всім споживачам, загальна довжина колій  $L=225$  км. Встановлена потужність обігрівача для одновістрякової стрілки 1,2 кВт; тривалість роботи обігрівача за добу 8 год/добу; кількість діб роботи обігрівачів за рік 100. Напруга живлення соленоїдного приводу 600 В; струм, який споживає соленоїдна котушка приводу, 10 А; час спрацювання соленоїдного приводу 1,5 с; середня кількість спрацювань за добу 120.

### 5.3. Методика розрахунку норм питомих витрат електроенергії на власні потреби енергогосподарства

Норму питомих витрат електроенергії на власні потреби енергогосподарства визначають за формулою

$$W_{pe} = \frac{A_e}{A_n}, \quad (5.9)$$

де  $A_e$  - витрати електроенергії на власні потреби всіма споживачами енергогосподарства за рік, кВт·год;

$$A_e = \sum_{j=1}^l A_j \cdot K_j + \sum_{a=1}^k A_a \cdot K_a + \sum_{m=1}^b A_m \cdot K_m + \sum_{c=1}^d A_c \cdot K_c + \Delta W_{mp} \quad (5.10)$$

Складові формули (5.10) подібні до складових формули (5.2).

$A_n$  - кількість виробленої енергії постійного струму за рік, кВт·год.

Основними споживачами електроенергії на власні потреби енергогосподарства є: джерела освітлення, механічні станки, котельня, апарати, що призначені для забезпечення нормальної роботи перетворювальних агрегатів та іншого силового обладнання тягової підстанції.

#### Приклад розрахунку норми питомих витрат електроенергії на основі статистичних даних для енергогосподарства міського електротранспорту

Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 5.3

Нормативне значення питомої норми витрат електроенергії на ВП енергогосподарства розраховують за формулою (5.10):

$$W_{pe} = \frac{A_e}{A_n} = \frac{2099}{142239} = 0,015.$$

На один кВт·год. перетвореної енергії необхідно забезпечити витрати електроенергії на ВП 1,5 %.

Таблиця 5.3 – Вихідні дані місячних потреб електроенергії на власні потреби (ВП) та загальної перетвореної електроенергії.

Місяць року	Кількість витраченої електроенергії на ВП по всім споживачам, кВт.год	Кількість перетвореної електроенергії, кВт.год
Січень	423,31	12490,8
Лютий	316,55	13465,2
Березень	244,10	11840,1
Квітень	134,65	11599,2
Травень	81,19	11509,2
Червень	59,85	11431,3
Липень	56,83	11431,3
Серпень	56,27	10173,5
Вересень	72,04	12441,7
Жовтень	110,6	11453,5
Листопад	250,83	12375,5
Грудень	296,45	12028,5
Всього за рік	2099	142239

**Задача 5.3.** Розрахувати значення питомої норми витрат електроенергії на власні потреби енергогосподарства, якщо кількість витраченої електроенергії на власні потреби по всім споживачам за рік складає 3000 кВт.год, а кількість перетвореної (виробленої) електроенергії за рік складає 160000 кВт.год

#### 5.4. Методика розрахунку загальних норм питомих витрат електроенергії на власні потреби підприємства міського електричного транспорту

Загальну норму питомих витрат електроенергії на власні потреби підприємств визначають за формулою

$$W = \frac{A_d + A_k + A_e}{Q_{бр} \cdot L}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}}, \quad (5.11)$$

де  $A_d$ ,  $A_k$ ,  $A_e$  – витрати електроенергії, визначеної за формулами (5.2), (5.5), (5.10);

$Q_{бр}$  – маса типів трамвайних вагонів (тролейбусів) брутто при номінальному наповненні, т;

$L$  – середній пробіг типів трамвайних вагонів (тролейбусів) за рік, км.

**Примітка.** Номінальне наповнення за ГОСТ 8802, ГОСТ 23772 складає 5 чоловік на 1 м<sup>2</sup>.

**Задача 5.4.** Розрахувати загальну норму питомих витрат електроенергії на власні потреби підприємства міського електричного транспорту, у якому експлуатується тільки рухомий склад Т-3, якщо середній пробіг трамвайних вагонів за рік складає 5 млн.км. Інші дані взяти із задач 5.1 – 5.3.

## 6. МЕТОДИКА ВСТАНОВЛЕННЯ НОРМ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТРАМВАЙНИМИ ВАГОНАМИ ТА ТРОЛЕЙБУСАМИ

Витрати електроенергії трамвайними вагонами та тролейбусами розраховуються за методикою, поданою у ГКН 02.07.005-2001 „Витрати електроенергії трамвайними вагонами та тролейбусами. Нормативи. Метод розрахунку”.

Нормативне значення витрат електроенергії повинно вираховуватися згідно з рівнянням, яке зв'язує витрати електроенергії з факторами, що впливають на обсяг енергоспоживання, а саме

$$A_p = a_0 + \sum_{j=1}^{j=n} a_j X_j \quad (6.1)$$

де  $a_0$  – сталий коефіцієнт, який враховує вплив місцевих умов руху на витрати електроенергії;

$a_j$  – коефіцієнти впливу факторів на витрати електроенергії, які аналогічні питомим витратам електроенергії;

$n$  – загальна кількість факторів, які впливають на витрати електроенергії.

Коефіцієнти впливу факторів повинні визначатися методом МНК з використанням програми Microsoft Excel, або іншої програми, яка дозволяє визначити коефіцієнти рівняння і статистичні критерії для перевірки значущості коефіцієнтів рівняння та наявності зв'язку між факторами та витратами електроенергії.

### 6.1. Планування витрат електроенергії

Витрати електроенергії на наступний рік повинні визначатися шляхом підстановки планових показників пробігу й кількості перевезених пасажирів у рівняння

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 \quad (6.2)$$

де  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  – значення коефіцієнтів впливу факторів, які надані у табл.6.1 для кожного міста України ( $a_1, a_3 = 0$  – для підприємств, що експлуатують тільки тролейбуси;  $a_2, a_4 = 0$  – для підприємств, що експлуатують тільки трамваї).

$X_1$  – планове значення пробігу трамвайних вагонів на наступний рік, тис.км;

$X_2$  – планове значення пробігу тролейбусів на наступний рік, тис.км;

$X_3$  – кількість пасажирів, яку планується перевезти у наступному році трамвайними вагонами, тис.пас;

$X_4$  – кількість пасажирів, яку планується перевезти у наступному році тролейбусами, тис. пас;

$Y$  – витрати електроенергії на пасажирські перевезення, тис. кВт\*год.

Довірчий інтервал для рівня фактичних витрат електроенергії слід визначати за формулою

$$Y_3 = Y_p \pm \Delta_y \quad (6.3)$$

де  $Y_3$  – фактичне значення витрат електроенергії, тис. кВт\*год

$Y_p$  – розраховане значення витрат електроенергії, тис. кВт\*год;

$\Delta y$  – похибка визначення витрат електроенергії (тис. кВт\*год), яка надана у табл. 6.1.

**Примітка.** Значення коефіцієнтів встановлені за результатами обробки статистичної інформації про витрати електроенергії кожним підприємством міського електротранспорту за період з 1975-2000 р.р.

При формуванні замовлення на електроенергію до енергопостачальної компанії її величина повинна визначатися на рівні максимальної межі довірчого інтервалу, тобто

$$Y_z = Y_p + \Delta_y \quad (6.4)$$

де  $Y_z$  – обсяг енергії, яка замовляється, тис. кВт\*год.

### Приклад планування витрат електроенергії

КП “Київпастранс” планує на 2000 рік наступні показники:

Пробіг трамвайних вагонів – 27472 тис.км

Пробіг тролейбусів – 27071 тис.км

Кількість перевезених пасажирів трамваєм 265044 тис.пас

Кількість перевезених пасажирів тролейбусом 306627 тис. пас.

Згідно з п.6.1 рівняння витрат електроенергії для КП “Київпастранс” має вигляд

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4$$

де  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  – значення коефіцієнтів впливу факторів, які надані у табл. 6.1 для кожного міста України ( $a_1, a_3 = 0$  – для підприємств, що експлуатують тільки тролейбуси;  $a_2, a_4 = 0$  – для підприємств, що експлуатують тільки трамвайні вагони).

$X_1$  – пробіг трамвайних вагонів, тис.км;

$X_2$  – пробіг тролейбусів, тис.км;

$X_3$  - кількість перевезених пасажирів трамваєм, тис.пас.;

$X_4$  - кількість перевезених пасажирів тролейбусом, тис. пас.;

$Y$  – витрати електроенергії на пасажирські перевезення, тис. кВт\*год.

Рівняння буде мати вигляд:

$$Y = -23961,29 + 5,808226X_1 + 0,262185X_2 - 0,046746X_3 + 0,034841X_4$$

Підставляємо планові дані у рівняння, маємо:

$$Y = -23961,29 + 5,808226 \cdot 27472 + 0,262185 \cdot 27071 - 0,046746 \cdot 265044 + 0,034841 \cdot 306627 = 140993 \text{ тис. кВт*год}$$

Для визначення кількості електроенергії, яка повинна бути запланована для забезпечення планових показників транспортної роботи, знайдемо похибку обчислень з табл. 6.1 для міста Києва ( $\Delta y = 13716,36$  тис. кВт\*год).

Тоді фактичні витрати електроенергії на виконання транспортної роботи з ймовірністю 0,95 будуть знаходитися в межах:

$$Y_f = Y \pm \Delta y = 140993 \pm 13716,36 \text{ тис. кВт*год}$$

Величина витрат електроенергії, яка забезпечить виконання планових показників транспортної роботи з ймовірністю 0,95 не повинна перебільшувати

$$Y_3 = 140993 + 13716,36 = 154709,36 \text{ тис. кВт*год}$$

Тобто ця величина витрат електроенергії повинна бути замовлена на 2000 рік.

**Задача 6.1.** Розрахувати кількість електроенергії, яку необхідно замовити в енергопостачальника підприємству міського електричного транспорту міста Харків, якщо на наступний період планується: пробіг трамваїв і тролейбусів  $X_1=28000$  тис.км,  $X_2=11000$  тис.км відповідно, обсяг пасажироперевезень трамваєм і тролейбусом  $X_3=200000$  тис.пас,  $X_4=180000$  тис.пас. відповідно.

## 6.2. Оцінка витрат електроенергії

По закінченні поточного року підприємство міського електротранспорту повинно провести оцінку витрат електроенергії. Оцінка передбачає визначення наявності перевитрат або економії електроенергії за фактичними показниками пробігу трамвайних вагонів і тролейбусів та кількістю перевезених пасажирів.

Перевитратами електроенергії вважається таке значення витрат, яке перевищує максимальну довірчу межу розрахованих витрат електроенергії для фактичних показників пробігу й кількості перевезених пасажирів, тобто якщо

$$Y_{\phi} > Y_p + \Delta_y, \quad (6.5)$$

то величина різниці  $Y_{\phi} - (Y_p + \Delta_y)$  є перевитратами електроенергії.

У цьому випадку підприємство міського електротранспорту повинно розробити план заходів щодо зменшення витрат електроенергії і реалізувати його в наступному році.

Економією електроенергії вважається таке значення витрат, яке не перевищує мінімальну довірчу межу розрахованих витрат електроенергії для фактичних показників пробігу та кількості перевезених пасажирів, тобто якщо:

$$Y_{\phi} < Y_p - \Delta_y, \quad (6.6)$$

то величина різниці  $Y_{\phi} - (Y_p - \Delta_y)$  є економією електроенергії.

У разі отримання економії електроенергії підприємство міського електротранспорту має право на матеріальне стимулювання працівників, згідно „Положення про матеріальне стимулювання колективів і окремих працівників підприємств, організацій та установ за економію паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві”.

### Приклад оцінки витрат електроенергії

КП “Київпастрас” в 2000 році виконало наступний обсяг транспортної роботи:

Пробіг трамвайних вагонів – 27538 тис.км

Пробіг тролейбусів – 27332 тис.км

Кількість перевезених пасажирів трамваєм - 245703 тис.пас.

Кількість перевезених пасажирів тролейбусом - 308711 тис. пас.

На виконання цієї транспортної роботи фактично було витрачено:

а) 140000 тис. кВт\*год – 1 варіант

б) 160000 тис. кВт\*год - 2 варіант

в) 100000 тис. кВт\*год – 3 варіант

За рівнянням (6.1) витрати електроенергії на виконання цієї транспортної роботи повинні складати:

$$Y_p = -23961,29 + 5,808226 \cdot 27538 + 0,262185 \cdot 27332 - 0,046746 \cdot 245703 + 0,034841 \cdot 308711 = 142422 \text{ тис. кВт*год}$$

З урахуванням похибки (див. рівняння 6.2) фактичні витрати електроенергії повинні знаходитися в межах:

$$Y_f = Y_p \pm \Delta y = 142422 \pm 13716,36 \text{ тис. кВт*год,}$$

тобто максимальне значення витрат повинно складати:

$$Y_{\max} = 142422 + 13716,36 = 156138 \text{ тис. кВт*год.}$$

Мінімальне значення повинно складати:

$$Y_{\min} = 142422 - 13716,36 = 128706 \text{ тис. кВт*год,}$$

тобто фактичні витрати електроенергії в наслідок дії факторів, які неможливо врахувати (наприклад, тривалість часу дії низьких температур або похибок в визначенні кількості перевезених пасажирів), з ймовірністю 0,95 будуть знаходитися у межах: 128706–156138 тис. кВт\*год.

Враховуючи, що фактичні витрати у першому варіанті склали 140000 тис. кВт\*год і знаходяться у межах довірчого інтервалу, говорити про наявність перевитрат або економії електроенергії не можна.

Інша річ, коли фактичні витрати склали б, наприклад, 160000 тис. кВт\*год, (другий варіант) то можна сказати, що мають місце перевитрати на:

$$160000 - 156138 = 3862 \text{ тис. кВт*год.}$$

У цьому випадку потрібно скласти план заходів, щодо зниження енерговитрат на пасажирські перевезення.

Якщо фактичні витрати електроенергії дорівнювали б 100 000 тис. кВт\*год (варіант 3), то можна сказати, що з ймовірністю 0,95 має місце економія електроенергії на:

$$128706 - 100000 = 28706 \text{ тис. кВт*год.}$$

**Задача 6.2.** Оцінити витрати електроенергії підприємством міського електричного транспорту міста Донецьк, якщо фактичні витрати за звітний період склали 100000 тис. кВт\*год, пробіг трамваїв і тролейбусів склав  $X_1 = 26000$  тис.км,  $X_2 = 18000$  тис.км відповідно, обсяг пасажироперевезень трамваєм і тролейбусом  $X_3 = 160000$  тис.пас,  $X_4 = 190000$  тис.пас. відповідно.

### 6.3. Розподіл електроенергії між трамваєм та тролейбусом

До введення в дію місцевих комунальних норм підприємства можуть орієнтовно розрахувати розподіл електроенергії між трамваєм та тролейбусом, згідно рівняння

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2, \quad (6.7)$$

де  $b_0$  – коефіцієнт впливу неврахованих місцевих факторів, тис.кВт\*год;

$b_1$  - коефіцієнт впливу пробігу трамвая або тролейбуса на витрати електро-

енергії, кВт\*год/км;

$b_2$  - коефіцієнт впливу кількості перевезених пасажирів трамваєм або тролейбусом на витрати електроенергії, кВт\*год/км;

$X_1$  – пробіг трамваїв або тролейбусів, тис.км;

$X_2$  – кількість перевезених пасажирів трамваєм або тролейбусом, тис.км.

Значення коефіцієнтів  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  для кожного міста України, в якому експлуатуються трамваї і тролейбуси, наведені у табл.6.3.

### **Приклад розрахунку розподілу електроенергії між двома видами транспорту**

Орієнтовно розподіл електроенергії між трамваєм та тролейбусом може бути визначений розрахунком, згідно з рівнянням (6.7). Значення коефіцієнтів для кожного міста України наведені в табл. 6.3.

Наприклад, для м. Дніпропетровська, з урахуванням значень коефіцієнтів рівняння мають вигляд:

$$\text{Трамвай} - Y = 23727,16 + 0,7968393X_1 + 0,116213X_2. \quad (6.8)$$

$$\text{Тролейбус} - Y = -13677,7 + 3,0123531X_1 + 0,060531X_2. \quad (6.9)$$

Підставляючи значення транспортної роботи (пробіг та кількість перевезених пасажирів), яка була виконана трамваєм у рівняння 6.8 та транспортної роботи, яка була виконана тролейбусом у рівняння 6.9 можна отримати орієнтовно значення кількості електроенергії використаної трамвайним і тролейбусним транспортом окремо. Точне значення (звісно, з урахуванням похибки) можна отримати тільки у тому випадку, коли енергоживлення трамвая та тролейбуса здійснюється окремо (не має тягових підстанцій, які живлять одночасно тролейбусні й трамвайні маршрути).

**Задача 6.2.** Розрахувати розподіл електроенергії між трамваєм і тролейбусом для підприємства міського електричного транспорту міста Маріуполь, якщо пробіг трамваїв і тролейбусів склав  $X_1=15000$  тис.км,  $X_2=10000$  тис.км відповідно, обсяг пасажироперевезень трамваєм і тролейбусом  $X_3=75000$  тис.пас,  $X_4=96000$  тис.пас. відповідно.

Таблиця 6.1 – Нормативні значення коефіцієнтів рівняння.

Місто України	Значення коефіцієнтів впливу факторів на витрати електроенергії.					Розрахункова похибка, $\Delta u$ , тис. кВт*год
	Умови руху та інші фактори, $a_0$ , тис.кВт*год	Пробігу трамвая, $a_1$ , кВт*год/км	Пробігу тролейбуса, $a_2$ , кВт*год/км.	Кількості перевезених пасажирів трамваєм, $a_3$ , кВт*год/пас	Кількості перевезених пасажирів тролейбусом, $a_4$ , кВт*год/пас	
1	2	3	4	5	6	7
Вінниця	-12216,72	1,863371	2,790684	-0,120264	0,285195	1666.03
Луганськ	4652.539	-0.692726	5.751842	0.088536	-0.188265	1541.46
Стаханов	159.4014	-0.364538	3.096378	0.347836	-0.155319	584.96
Дніпропетровськ	15741.08	0.059849	3.661998	-0.107102	0.334095	4613.08
Кривий Ріг	12481.85	2.107261	1.061754	0.049038	-0.039218	9258.28
Донецьк	-29112.5	4.107048	0.398927	0.356307	0.030837	12822.84
Горлівка	94.29359	-0.805882	5.664347	0.274453	-0.254446	1669.29
Краматорськ	494.0876	0.831834	3.814942	-0.012839	0.001133	1124.00
Макіївка	121.9038	-0.769922	1.468432	0.491576	0.123028	4549.92
Маріуполь	3743.642	1.678681	1.354372	0.00555	0.167045	8378.91
Житомир	7357.427	-1.387622	2.210291	-0.013347	-0.020825	1239.78
Запоріжжя	-973.7855	-0.900796	7.168345	0.026528	-0.022803	6558.74
Львів	3823.572	-0.925715	3.003446	0.001504	0.261589	4466.82
Київ	-23961.29	5.808226	0.262185	-0.046746	0.034841	13716,36
Одеса	-29381.63	1.164417	9.99047	-0.230023	0.1852	7154.81
Миколаїв	-13359.06	-1.210566	10.71832	0.052685	-0.005634	2664.91
Харків	20400.09	-0.484355	4.878779	-0.03618	0.162851	7041.15
Дніпродзержинськ	2970.66	1.9652		0.082444		2735.07
Дружківка	-116.03	2.7772		-0.033099		291.78
Єнакієво	1787.40	2.4084		-0.026156		538.35



Продовження табл. 6.1.

Місто України	Значення коефіцієнтів впливу факторів на витрати електроенергії.					Розрахункова похибка, $\Delta u$ , тис. кВт*год
	Умови руху та інші фактори, $a_0$ , тис.кВт*год	Пробігу трамвая, $a_1$ , кВт*год/км	Пробігу тролейбуса, $a_2$ , кВт*год/км.	Кількості перевезених пасажирів трамваєм, $a_3$ , кВт*год/пас	Кількості перевезених пасажирів тролейбусом, $a_4$ , кВт*год/пас	
1	2	3	4	5	6	7
Константинівка	2351.92	2.0745		-0.048860		761.92
Євпаторія	4304.88	-1.3336		0.015171		588.89
Конотоп	-367.23	2.9360		-0.004624		402.98
Алчевськ	-1094.12		2.3093		0.028863	1346.91
Луцьк	3523.20		1.1263		0.038926	6.70
Артемівськ	-1533.53		2.9456		0.041357	471.26
Лисичанськ	229.67		2.1159		-0.014286	345.92
Крим	6905.03		1.4124		0.053956	3288.01
Кіровоград	502.3605		1.4347936		0.0597387	2688.21
Кременчук	943.89		2.0193		0.008634	560.11
Полтава	8829.22		1.4183		-0.056045	1538.33
Суми	613.42		1.6652		0.070897	1164.15
Рівне	2722.71		1.4795		0.000361	1066.13
Севастополь	8012.75		1.7833		-0.013565	1606.93
Херсон	5163.03		1.7727		-0.004735	661.62
Черкаси	3157.83		1.6617		-0.029476	1661.54
Хмельницький	500.24		2.4219		-0.003990	1223.67
Чернігів	2195.20		2.1339		0.001843	2089.49
Чернівці	2791.75		-0.6061		0.267529	4018.49
Северодонецьк	1033.48		1.8961		0.006129	968.10

Продовження табл. 6.1.

Місто України	Значення коефіцієнтів впливу факторів на витрати електроенергії.					Розрахункова похибка, $\Delta u$ , тис. кВт*год
	Умови руху та інші фактори, $a_0$ , тис.кВт*год	Пробігу трамвая, $a_1$ , кВт*год/км	Пробігу тролейбуса, $a_2$ , кВт*год/км.	Кількості перевезених пасажирів трамваєм, $a_3$ , кВт*год/пас	Кількості перевезених пасажирів тролейбусом, $a_4$ , кВт*год/пас	
1	2	3	4	5	6	7
Слов'янськ	2992.14		-0.0624		0.083809	940.47
Тернопіль	4058.538		1.103593		0.028049	609.73
Івано-Франківськ	288.7334		1.628669		0.017687	330.72
Антрацит	-221.56		2.6976		-0.005987	248.20
Краснодон	-808.20		1.9213		0.079961	586.56
Б. Церков	-1150.58		2.9076		0.010499	340.11
Дзержинськ	-643.35		1.6823		0.222147	308.29
Харцизьк	128.32		1.9265		0.038261	177.60
Вуглегорськ	-185.513		1.883355		0.123176	51.08

Таблиця 6.2. – Діапазон зміни факторів.

Місто України Вінниця	Пробіг трамваїв, тис. км		Пробіг тролейбусів, тис. км		Кількість перевезених пасажирів трамвайними. вагонами, тис. пас.		Кількість перевезених пасажирів тролейбусами, тис. пас.	
	min	max	min	max	min	max	min	max
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вінниця	2003	8154	4752	11450	35440	110541	31311	111982
Луганськ	1659	11928	1526	7772	10425	73820	9911	76884
Стаханов	234	2752	567	1939	3327	15917	5920	26201
Дніпропетровськ	11076	27645	10190	19248	38574	201659	40519	176951
Кривий Ріг	4964	14787	5725	14312	31586	112172	19256	105547
Донецьк	5172	17809	797	27700	87350	178025	104988	199500
Горлівка	1092	9881	1376	4523	9112	51506	8267	33180
Краматорськ	553	2894	783	16610	3101	31788	9522	75079
Макіївка	619	7713	794	9715	4880	39106	5805	44046
Маріуполь	3888	16690	881	10272	15546	753313	23146	98533
Житомир	998	2204	3564	14214	6554	128034	16203	113351
Запоріжжя	8224	21632	7898	15883	16529	117647	18497	116014
Львів	3365	12651	4022	12948	49336	164729	35581	119782
Київ	21978	58706	5582	75989	94246	551994	9867	646902
Одеса	7558	32604	6020	16322	84032	388582	84628	174449
Миколаїв	3015	10446	2519	6086	13433	81630	12641	482716
Харків	16375	50164	12224	40338	42454	384190	48890	363008
Дніпродзержинськ	2247	17143			3911	72470		
Дружківка	761	2093			3449	25842		
Єнакієво	1600	4830			3425	8330		
Константинівка	1263	10724			3617	8754		
Євпаторія	1098	2760			1372	3444		

Продовження табл. 6.2.

Місто України Вінниця	Пробіг трамваїв, тис. км		Пробіг тролейбусів, тис. км		Кількість перевезених пасажирів трамвайними. вагонами, тис. пас.		Кількість перевезених пасажирів тролейбусами, тис. пас.	
	min	max	min	max	min	max	min	max
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Конотоп	759	2258			964	6206		
Алчевськ			3151	8568			8047	21718
Луцьк			2714	10008			4738	16868
Артемівськ			1240	5540			3051	6556
Лисичанськ			443	2405			711	4943
Крим			16713	40718			35455	78437
Кіровоград			2530	5711			3638	13132
Кременчук			4190	7039			1184	15758
Полтава			4784	9325			22002	77077
Суми			3464	8509			32872	79051
Рівне			1397	7586			12345	61142
Севастополь			9142	17788			90329	190618
Херсон			5279	12655			32440	105677
Черкаси			4532	11238			4655	75460
Хмельницький			3436	9667			26441	77959
Чернігів			6417	13784			49307	131425
Чернівці			954	12115			27161	117436
Северодонецьк			1438	6540			6057	169740
Слов'янськ			567	4794			3111	36613
Тернопіль			1189	9713			12480	63553
Івано-Франківськ			472	2647			2498	30401
Антрацит			125	994			1075	7562

Продовження табл. 6.2.

Місто України Вінниця	Пробіг трамваїв, тис. км		Пробіг тролейбусів, тис. км		Кількість перевезених пасажирів трамвайними. вагонами, тис. пас.		Кількість перевезених пасажирів троллейбусами, тис. пас.	
	min	max	min	max	min	max	min	max
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Краснодон			876	2564			6273	16006
Б. Церква			1695	2803			7199	21259
Дзержинськ			554	1864			3063	21868
Харцизьк			498	2095			3436	24408
Вуглегорськ			133	589			230	3355

Таблиця 6.3. - Орієнтовні значення коефіцієнтів для визначення розподілу електроенергії між двома видами транспорту.

Місто України	Трамвай			Похибка, $\Delta$ , тис.кВт год	тролейбус			Похибка, $\Delta$ у, тис.кВт год
	Вплив умови руху та інші фактори, $b_0$ , тис.кВт*год	Вплив пробігу, $b_1$ , Вт*год /км	Влив кількість перевезених пасажирів, $b_2$ , Вт*год/пас		Вплив умови руху та інші фактори, $b_0$ , тис.кВт*год	Вплив пробігу, $b_1$ , Вт*год /км	Влив кількість перевезених пасажирів, $b_2$ , Вт*год/пас	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вінниця	4496,64	0,0006698	0,126472	4992,279	2080,992	2,240509	-0,007136	1559,147
Луганськ	6068,69	0,7272493	0,117154	5159,577	2800,101	1,020920	0,111523	1982,291
Стаханов	0,78	980,6385	10,77	0,92	604,6001	5,59	0,78	980,6385
Дніпропетровськ	23727,16	0,7968393	0,116213	9125,287	-13677,7	3,0123531	0,060531	9518,978
Кривий Ріг	-1954,09	1,7324277	0,10419	9245,127	4029,653	1,9570604	-0,020068	2155,13
Донецьк	-20994,3	2,7552763	0,186041	5711,845	14097,66	0,7743958	0,103921	11599,29
Горлівка	4548,76	0,4340677	0,109413	3046,373	386,2879	1,5963784	0,069277	1361,502
Краматорськ	1102,911	1,536087	-0,005276	1502,642	84,32806	2,684129	8,1E-05	917,656
Макіївка	-429,9679	-0,45561	0,449698	3329,203	1761,191	0,8131756	0,162872	2277,818
Маріуполь	12711,01	0,8884187	0,008352	6818,511	9020,66	0,8530454	0,046574	6318,46
Житомир	2374,48	0,6519432	-0,019661	1571,855	4827,542	1,7741799	-0,005503	1097,461
Запоріжжя	18729,9	1,1694258	0,022443	6722,14	-6251,11	2,8530788	0,028204	7476,427
Львів	-477,936	-0,75929	0,27012	6906,883	2914,959	2,115186	-0,0046	1210,075
Київ	-14405,5	3,3131883	-0,020585	6258,627	45302,36	0,7889667	0,09193	29946,84
Одеса	1179,897	3,3966509	-0,081168	6049,703	283,1184	2,8405819	-0,015327	6386,67
Миколаїв	8840,91	0,6410041	0,052717	7312,103	-204,728	2,7511011	-0,000582	1250,44
Харків	15631,8	2,1589044	0,032493	7956,542	6052,688	1,5782588	0,077907	7577,509

## **7. ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТРАМВАЙНИМИ ВАГОНАМИ**

### **7.1. Умови проведення випробувань з визначення витрат електроенергії**

Випробування проводять на справному вагоні в спорядженому стані. Навантаження вагона обмежують корисною масою 200 кг без урахування маси водія.

Перед випробуваннями трамвайний вагон повинен бути обкатаний пробігом не менше 100 км, а безпосередньо перед контрольними заїздами проводиться обкатка вагона пробігом не менше 10 км.

Максимальні уставки пускових та гальмівних струмів повинні відповідати величинам, що наведені в технічній документації заводу-виробника.

Акумуляторна батарея повинна бути заряджена відповідно до інструкції з експлуатації.

Кватирки й вентиляційні люки повинні бути зачинені.

Системи опалення, вентиляції та освітлення повинні бути вимкнені.

Випробування проводять на прямій ділянці колії, довжиною не менше 500 м. Повздовжній ухил не повинен перевищувати 3 ‰ за 1.1 ГОСТ 8802. Рейки повинні бути чистими та сухими.

Величини напруги контактної мережі повинні знаходитися у межах, регламентованих ГОСТ 6962.

Швидкість вітру при випробуваннях не повинна перевищувати 3 м/с. Випробування проводять за відсутності атмосферних опадів.

Температура повітря має бути не нижче +3 °С, відносна вологість повітря - не вище 95 %.

Під час випробувань за допомогою ЗВТ визначають наступні показники:

- напруга контактної мережі, В;
- струм, що споживає вагон з контактної мережі, А;
- швидкість вагона, км/год;
- час, с.

У разі використання в якості ЗВТ лічильників електричної енергії визначають величину електроенергії, Вт\*с.

При використанні лічильника електроенергії постійного струму мінімальна величина відліку повинна складати не більше 30 Вт\*с.

Засоби вимірювальної техніки повинні зберігати показники на фізичних носіях інформації.

Похибки вимірювань, наведених вище показників, зазначені в табл. 7.1.

Під час випробувань додатково визначаються наступні показники:

- швидкість вітру, м/с;
- температура повітря, °С;
- відносна вологість, %.

Похибки вимірювань наведених вище додаткових показників зазначені в табл. 7.2.

Таблиця 7.1. – Похибки вимірювань показників.

№ п/п	Назва показника	Похибка, % не більше
1	Напруга контактної мережі, В	1
2	Струм контактної мережі, А	1
3	Швидкість, км/год	1
4	Час, с	0,01
5	Електроенергія, Вт·с	2,5

Таблиця 7.2. - Похибки вимірювань показників.

№ п/п	Назва показника	Похибка, не більше
1	Швидкість вітру	0,5 м/с
2	Температура повітря	1°C
3	Відносна вологість повітря	1%

Напруга контактної мережі вимірюється між проводом, що приєднаний до струмоприймача трамвайного вагона та проводом, що приєднаний до струмознімальних пристроїв візків. При цьому ЗВТ повинні безперервно реєструвати величину напруги. Допускається дискретна реєстрація величин напруги. Частота дискретизації повинна бути не нижче 100 Гц.

Струм контактної мережі вимірюється в проводі, який приєднаний до струмоприймача трамвайного вагона. При цьому ЗВТ повинні безперервно реєструвати величину струму. Допускається дискретна реєстрація величин струму. Частота дискретизації повинна бути не нижче 100 Гц.

Схема підключення ЗВТ до електричних кіл трамвайного вагона наведена на рис. 7.1.

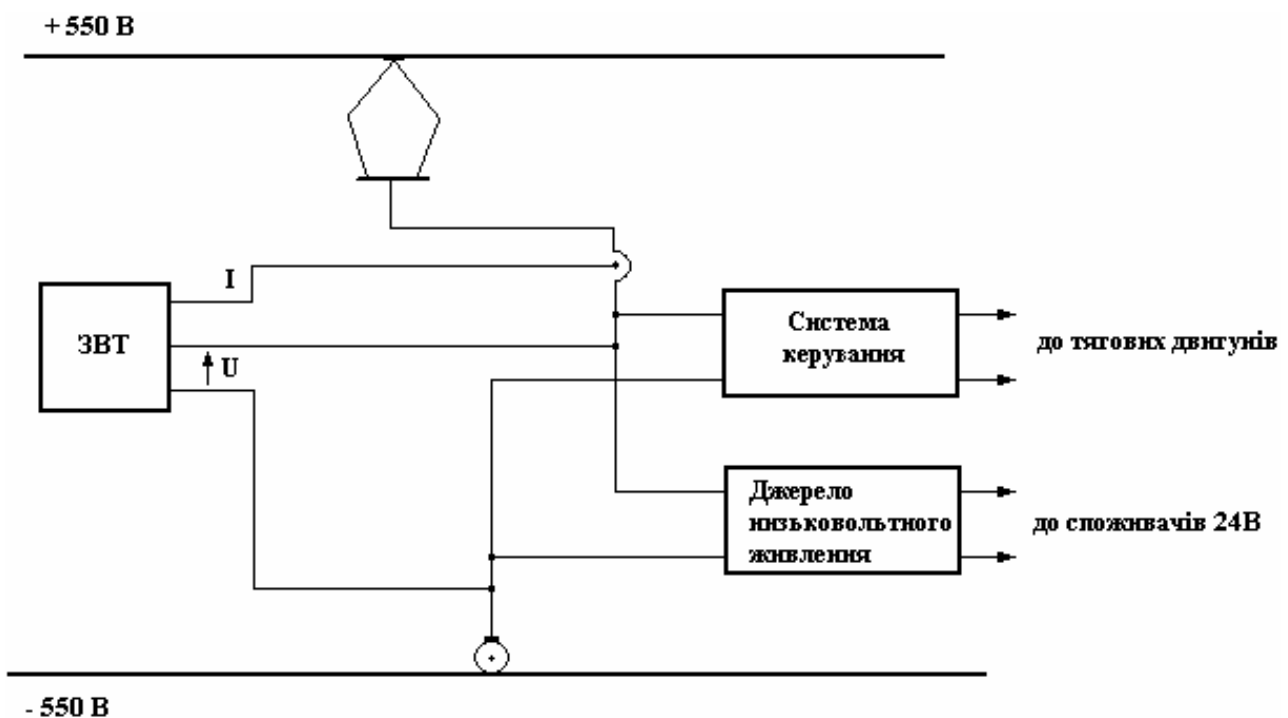


Рис. 7.1. - Схема підключення ЗВТ



Швидкість трамвайного вагона повинна реєструватися безперервно чи дискретно з частотою не менше 100 Гц.

Реєстрація величин напруги та струму контактної мережі виконується в функції часу, при цьому запис вказаних величин повинен здійснюватись синхронно.

Початок пускового режиму повинен фіксуватися ЗВТ сигналом від датчика, що контролює початок натискання пускової педалі або приведення в дію рукоятки контролера.

Зареєстровані таким чином величини напруги, струму та часу використовують при визначенні показників споживання електроенергії.

## **7.2. Порядок проведення випробувань**

### ***7.2.1. Випробування для визначення витрат енергії вагоном під час розгону***

Трамвайний вагон встановлюється на початку ділянки колії, на якій виконуються випробування.

Вмикаються ЗВТ, що реєструють. Виконується пуск трамвайного вагона з максимальною струмовою уставкою. Розгін вагона здійснюється до швидкості 40 км/год (11,1 м/с), після чого пусковий режим припиняється і вагон загальмовується. Виконується не менше трьох контрольних заїздів на одній і тій же ділянці колії. Розгін та гальмування вагона здійснюється з дотриманням вимог безпеки руху. Під час проведення випробувань не допускається буксування. У разі виникнення буксування необхідно посипати колії незначною кількістю піску. Після посипання колії піском виконується пробний заїзд, який не є заліковим. У наступних (залікових) заїздах повторне посипання колії піском не допускається.

### ***7.2.2. Випробування для визначення рекуперованої енергії під час електричного гальмування трамвайного вагона***

Трамвайний вагон розганяють до швидкості 41 км/год – 43 км/год і переводять в режим вибігу. Визначення величини рекуперованої електроенергії здійснюють після досягнення трамвайним вагоном швидкості 40 км/год, для чого вмикаються ЗВТ і вагон переводиться в гальмівний режим.

Гальмування вагона здійснюють з максимальною струмовою уставкою. Юз під час випробувань не допускається. Вимикання ЗВТ здійснюється після зупинки трамвайного вагона. Під час випробувань здійснюється не менше трьох контрольних заїздів на одній і тій же ділянці колії.

### ***7.2.3. Особливості випробувань при застосуванні лічильників електроенергії***

У разі використання в якості ЗВТ лічильника електроенергії випробування здійснюють відповідно з 7.2.1 та 7.2.2.

Лічильник вмикають в момент початку пускового режиму. Лічильник вимикають при досягненні трамвайним вагоном швидкості 40 км/год. У гальмівному режимі лічильник вмикають у момент досягнення швидкості 40 км/год і вимикають в момент зупинки трамвайного вагона.

### 7.3. Обробка результатів випробувань

Витрати електроенергії в режимі пуску  $A$ , Вт·с, дорівнюють:

$$A = \int_{t_{n.n.}}^{t_{40}} U \cdot Idt, \quad (7.1)$$

де  $t_{40}$  – момент досягнення швидкості 40 км/год, с;

$t_{n.n.}$  – момент початку пускового режиму, с;

$U$  – напруга контактної мережі, В;

$I$  – струм, що споживається вагоном з контактної мережі, А.

Витрати електроенергії в режимі пуску  $A$ , Вт·с, при дискретній формі запису визначають за допомогою програмних засобів за формулою

$$A = \Delta t_n \sum_{n=1}^n U_n \cdot I_n, \quad (7.2)$$

де  $n$  – кількість вимірювань від моменту початку пуску до досягнення швидкості 40 км/год;

$\Delta t_{40}$  – проміжок часу, за який вимірюється напруга,  $U_n$ , та струм,  $I_n$ .

При застосуванні лічильника електроенергії фіксується показник спожитої енергії,  $A$ , його значення використовують у розрахунках за (7.4), (7.5).

Величину рекуперованої електроенергії  $A_{pkn}$ , Вт·с, при електричному гальмуванні вагона визначають за формулою

$$A_{pkn} = - \int_{t_{40}}^{t_k} U \cdot Idt \quad (7.3)$$

де  $t_k$  – момент закінчення гальмівного режиму.

Величина рекуперованої енергії у зв'язку з імовірнісним характером цієї величини є оціночним показником і в подальшому не використовується при розрахунках питомих показників витрат електроенергії.

У разі використання в якості ЗВТ лічильника електроенергії величину рекуперованої енергії зчитують з лічильника після виконання випробувань за 7.2.3.

Досконалість конструкції трамвайного вагона в частині споживання електричної енергії характеризується коефіцієнтами використання електричної енергії та питомих витрат.

Коефіцієнт використання електроенергії,  $\eta_B$ , в інтегральному вигляді характеризує досконалість конструкції трамвайного вагона в частині к.к.д електропривода і величини основного опору руху і визначається за формулою

$$\eta_B = \frac{mv^2}{2A}, \quad (7.4)$$

де  $m$  – маса спорядженого вагона, заявлена заводом-виробником, кг;

$v$  – швидкість вагона – 11,1 м/с;

Коефіцієнт питомих витрат електроенергії трамвайним вагоном відносно площі підлоги пасажирського салону  $a_S$ , Вт·с/м<sup>2</sup>, в інтегральному вигляді характеризує досконалість конструкції вагонів в частині витрат електроенергії

на одиницю площі пасажирського салону й визначається за формулою

$$a_s = \frac{A}{S}, \quad (7.5)$$

де  $S$  – загальна площа підлоги пасажирського салону,  $\text{м}^2$ .

#### **7.4. Порівняння трамвайних вагонів за показниками ефективності використання електроенергії і питомих витрат**

Порівняння трамвайних вагонів за показниками використання електроенергії здійснюється шляхом встановлення величини  $\Delta_B$  за формулою:

$$\Delta_B = \frac{\eta_{B1} - \eta_{B2}}{\eta_{B1}} \cdot 100\%, \quad (7.6)$$

де  $\eta_{B1}, \eta_{B2}$  – коефіцієнти використання електроенергії вагонів, що порівнюються ( $\eta_{B1} > \eta_{B2}$ ).

Величина  $\Delta_B$  характеризує, на скільки в відсотках трамвайний вагон з коефіцієнтом використання електроенергії  $\eta_{B1}$  є більш ефективним за критерієм споживання електроенергії, ніж трамвайний вагон з коефіцієнтом використання електроенергії  $\eta_{B2}$ .

Порівняння трамвайних вагонів за показником питомих витрат електроенергії відносно площі підлоги пасажирського салону здійснюється шляхом встановлення величини  $\Delta_S$  за формулою

$$\Delta_S = \frac{a_{S1} - a_{S2}}{a_{S1}} \cdot 100\%, \quad (7.7)$$

де  $a_{S1}, a_{S2}$  – коефіцієнти питомих витрат електроенергії вагонів, що порівнюються ( $a_{S1} > a_{S2}$ ).

Величина  $\Delta_S$  характеризує, на скільки в відсотках трамвайний вагон з коефіцієнтом питомих витрат  $a_{S1}$  споживає більше, ніж вагон з коефіцієнтом питомих витрат  $a_{S2}$ .

#### **Приклади визначення і порівняння показників використання та питомих витрат електроенергії трамвайними вагонами одного типу до і після проведення модернізації із заміною електрообладнання**

##### *1. Розрахунок коефіцієнтів використання та питомих витрат електроенергії трамвайними вагонами ТЗ з реостатно-контакторною системою керування ТЕД (до модернізації)*

Вихідні дані для розрахунку коефіцієнтів використання і питомих витрат електроенергії наведені в табл. 7.3.

Таблиця 7.3. – Вихідні дані для трамвайних вагонів ТЗ з реостатно-контакторною системою керування ТЕД.

Витрати електроенергії отримані під час випробувань:	
1 – й заїзд	$A_1 = 2221200 \text{ Вт}\cdot\text{с}$
2 – й заїзд	$A_2 = 2021200 \text{ Вт}\cdot\text{с}$
3 – й заїзд	$A_3 = 2145600 \text{ Вт}\cdot\text{с}$
Маса вагона під час випробувань	$m = 16800 \text{ кг}$
Загальна площа підлоги пасажирського салону	$S = 25,1 \text{ м}^2$
<b>Примітка.</b> Значення витрат електроенергії $A_1, A_2, A_3$ (три контрольні заїзди) – за показниками лічильника або після обробки електронними програмними засобами величин напруги та струму	

Середня величина витрат електроенергії,  $A_{cp}$  трамвайним вагоном складає:

$$A_{cp} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} = \frac{2221200 + 2021200 + 2145600}{3} = 2196000 \text{ Вт}\cdot\text{с}.$$

Коефіцієнт використання електричної енергії трамвайним вагоном,  $\eta_{ep}$ , складає:

$$\eta_{ep} = \frac{mv^2}{2 \cdot A_{cp}} = \frac{16800 \cdot 11,1^2}{2 \cdot 2196000} = 0,471$$

Коефіцієнт питомих витрат електроенергії відносно площі підлоги пасажирського салону  $a_{sp}$ , становить:

$$a_{sp} = \frac{A_{cp}}{S} = \frac{2196000}{25,1} = 87490 \frac{\text{Вт}\cdot\text{с}}{\text{м}^2}$$

## 2 Розрахунок коефіцієнтів використання та питомих витрат електроенергії трамвайними вагонами ТЗ з імпульсною системою керування ТЕД (після модернізації)

Вихідні дані для розрахунку коефіцієнтів питомих витрат електроенергії наведені в табл. 7.4.

Таблиця 7.4. - Вихідні дані для трамвайних вагонів ТЗ з імпульсною системою керування ТЕД.

Витрати електроенергії під час випробувань::	
1 – й заїзд	$A_1 = 1728000 \text{ Вт}\cdot\text{с};$
2 – й заїзд	$A_2 = 1720800 \text{ Вт}\cdot\text{с}$
3 – й заїзд	$A_3 = 1724400 \text{ Вт}\cdot\text{с}$
Маса вагона під час випробувань	$m = 16800 \text{ кг}$
Загальна площа підлоги пасажирського салону	$S = 25,1 \text{ м}^2$
<b>Примітка.</b> Значення витрат електроенергії $A_1, A_2, A_3$ (три контрольні заїзди) – за показниками лічильника електроенергії або після обробки електронними програмними засобами величин напруги та струму	

Середня величина витрат електроенергії,  $A_{ci}$ , трамвайним вагоном

дорівнює:

$$A_{ci} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} = \frac{1728000 + 1720800 + 1724400}{3} = 1724400 \text{ Вт}\cdot\text{с}.$$

Коефіцієнт використання електричної енергії трамвайним вагоном,  $\eta_{ei}$ , складає:

$$\eta_{ei} = \frac{mv^2}{2 \cdot A_{ci}} = \frac{16800 \cdot 11,1^2}{2 \cdot 1724400} = 0,6.$$

Коефіцієнт питомих витрат електроенергії відносно площі підлоги пасажирського салону  $a_{Si}$ , становить:

$$a_{Si} = \frac{A_{ci}}{S} = \frac{1724400}{25,1} = 68701,2 \frac{\text{Вт}\cdot\text{с}}{\text{м}^2}.$$

### *3. Порівняння трамвайних вагонів ТЗ з імпульсною та реостатно-контакторною системами керування ТЕД за показниками використання електроенергії і питомих витрат*

Порівняння вище зазначених трамвайних вагонів за показником використання електроенергії здійснюється за формулою

$$\Delta_B = \frac{\eta_{ei} - \eta_{ep}}{\eta_{ei}} \cdot 100\% = \frac{0,6 - 0,471}{0,6} \cdot 100\% = 21,5\%.$$

Таким чином, після модернізації трамвайного вагона ТЗ під час якої була встановлена імпульсна система керування ТЕД його ефективність в частині споживання електричної енергії підвищилась на 21,5 %.

Порівняння трамвайних вагонів за показником питомих витрат електроенергії виконують за формулою

$$\Delta_S = \frac{a_{Sp} - a_{Si}}{a_{Sp}} \cdot 100\% = \frac{87490 - 68701,2}{87490} \cdot 100\% = 21,5\%.$$

Таким чином трамвайний вагон ТЗ з реостатно-контакторною системою керування ТЕД споживає на 21,5 % електроенергії більше, ніж трамвайний вагон ТЗ з імпульсною системою керування ТЕД.

**Задача 7.1.** Порівняти показники енергоємності трамвайного вагона Tatra-T6B5 до і після модернізації. Маса вагона складає 18400 кг, площа підлоги пасажирського салону становить 29,7 м<sup>2</sup>. Середня величина витрат електроенергії до модернізації складає 1632500 Вт·с, після модернізації – 1604560 Вт·с.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Далека В.Х., Будниченко В.Б., Карпушин Е.І., Коваленко В.І. Технічна експлуатація міського електричного транспорту. Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.092 201 – Електричні системи і комплекси транспортних засобів, 7.092 202 – Електричний транспорт. Харків, ХНАМГ, 2007.- 285 с.
2. Вірченко В.В., Далека В.Х., Карпушин Е.І., Менжерес В.А. Безпека руху на міському електротранспорті. Довідник законодавчих та нормативних документів. Книга 1. Управління безпекою руху. Харків: ХДАМГ, 2002.- 225с. *(3 грифом МОН України)*
3. Вірченко В.В., Далека В.Х., Карпушин Е.І., Менжерес В.А. Безпека руху на міському електротранспорті. Довідник законодавчих нормативних документів. Книга 2. Безпека пасажирських перевезень. Харків: ХДАМГ, 2002.-228с. *(3 грифом МОН України)*
4. Далека В.Х., Коваленко В.І., Будниченко В.Б., Хворост М.В. Практикум з технічної експлуатації міського електричного транспорту.- Харків: ХДАМГ, 2002.-171с.
5. ГСТУ 204.04.05.002 -2004. Системи гальмівні трамвайних вагонів та тролейбусів. Експлуатаційні вимоги до ефективності гальмування та методи контролю - К.: Державний комітет України з питань житлово – комунального господарства, 2004.
6. СОУ 60.2-33886519-0003:2006. Контактна мережа трамвайних та тролейбусних ліній. Система технічного обслуговування та ремонту. - К.: Державний комітет України з питань житлово – комунального господарства, 2006.
7. Положення про порядок експлуатації трамвая і тролейбуса на маршрутах з важкими умовами руху. - Затв. Держжитлокомунгоспом України 24.12.97 (Наказ № 58).
8. СОУ 60.2-3363588-0002:2006 „Послуги міського електричного транспорту. Показники якості” ГНК 02.05.020–2004.
9. Галузеві норми питомих витрат електроенергії на власні потреби підприємств міського електротранспорту. Методика розрахунку
10. ГКН 02.07.005-2001. Витрати електроенергії трамвайними вагонами та тролейбусами. Нормативи. Метод розрахунку
11. ГКН 04.05.006:2006. Визначення питомих витрат електроенергії. трамвайними вагонами. Методичні рекомендації
12. В.Е. Розенфельд, И.П. Исаев, Н.Н. Сидоров «Теория электрической тяги» 2-е издание, Москва «Транспорт» 1983. 320 с.

## Навчальне видання

Методичні вказівки до практичних робіт з курсу **«Правила експлуатації електричного транспорту»** (для студентів усіх форм навчання і слухачів другої вищої освіти за напрямом 6.050702 (0922) «Електромеханіка»).

Укладачі: *Далека Василь Хомич,*  
*Ісаєв Леонід Олексійович,*  
*Гарбуз Нонна Володимирівна,*  
*Шавкун В'ячеслав Михайлович*

Відповідальний за випуск *Ю. В. Мінєєва*

Редактор *М. З. Аляб'єв*

Комп'ютерна верстання *Н. В. Зражевська*

План 2009, поз. 215 М

---

Підп. до друку 30.06.2010 р.	Формат 60×84 1/16
Друк на ризографії.	Ум. друк. арк. 3,2
Тираж 50 пр.	Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 731 від 19.12.2001